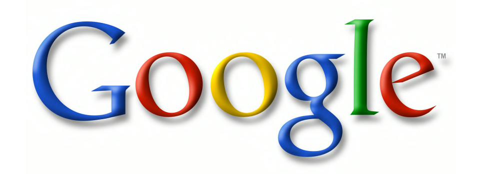
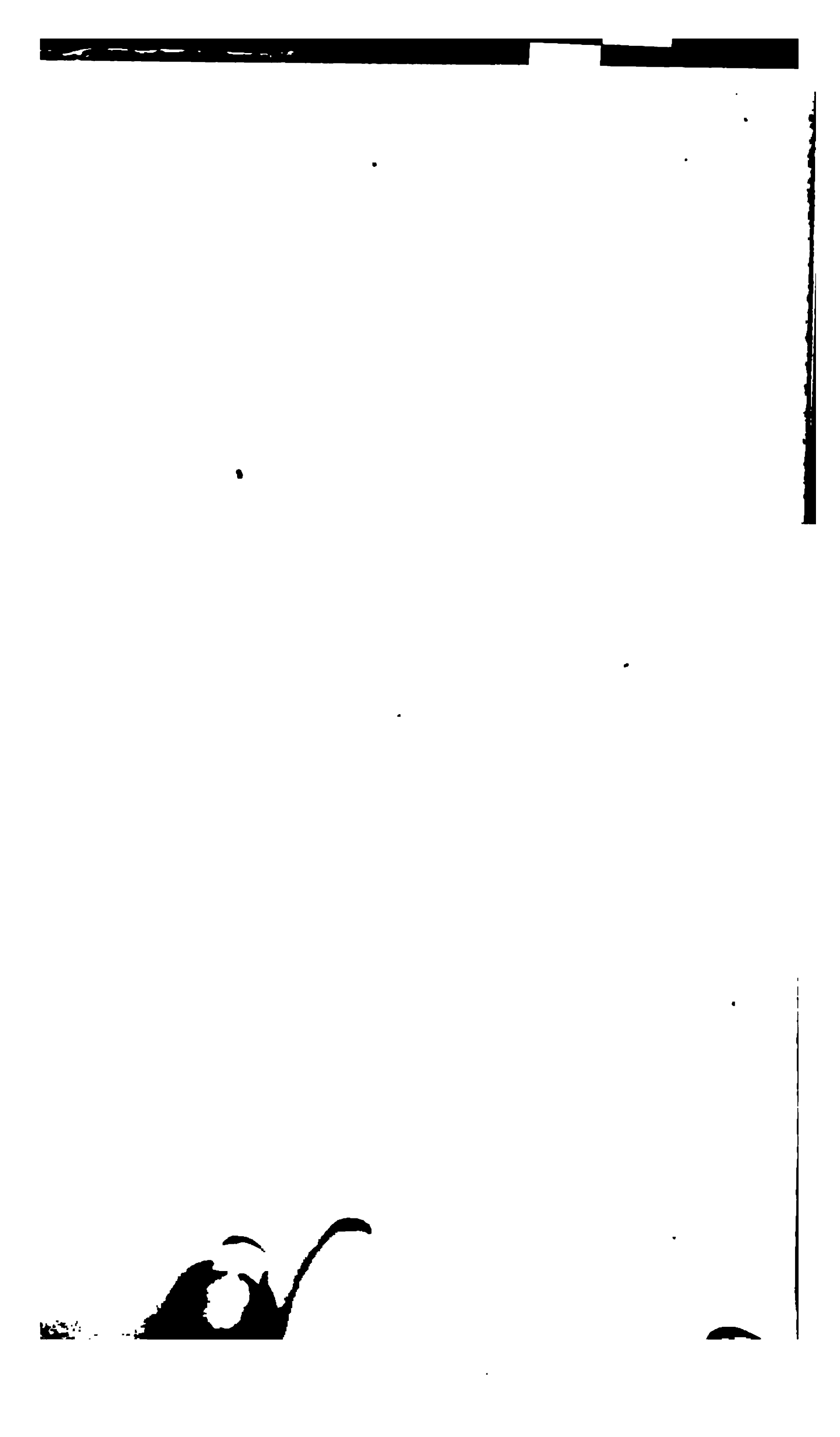



Stanford University Libraries
3 6105 000 649 819



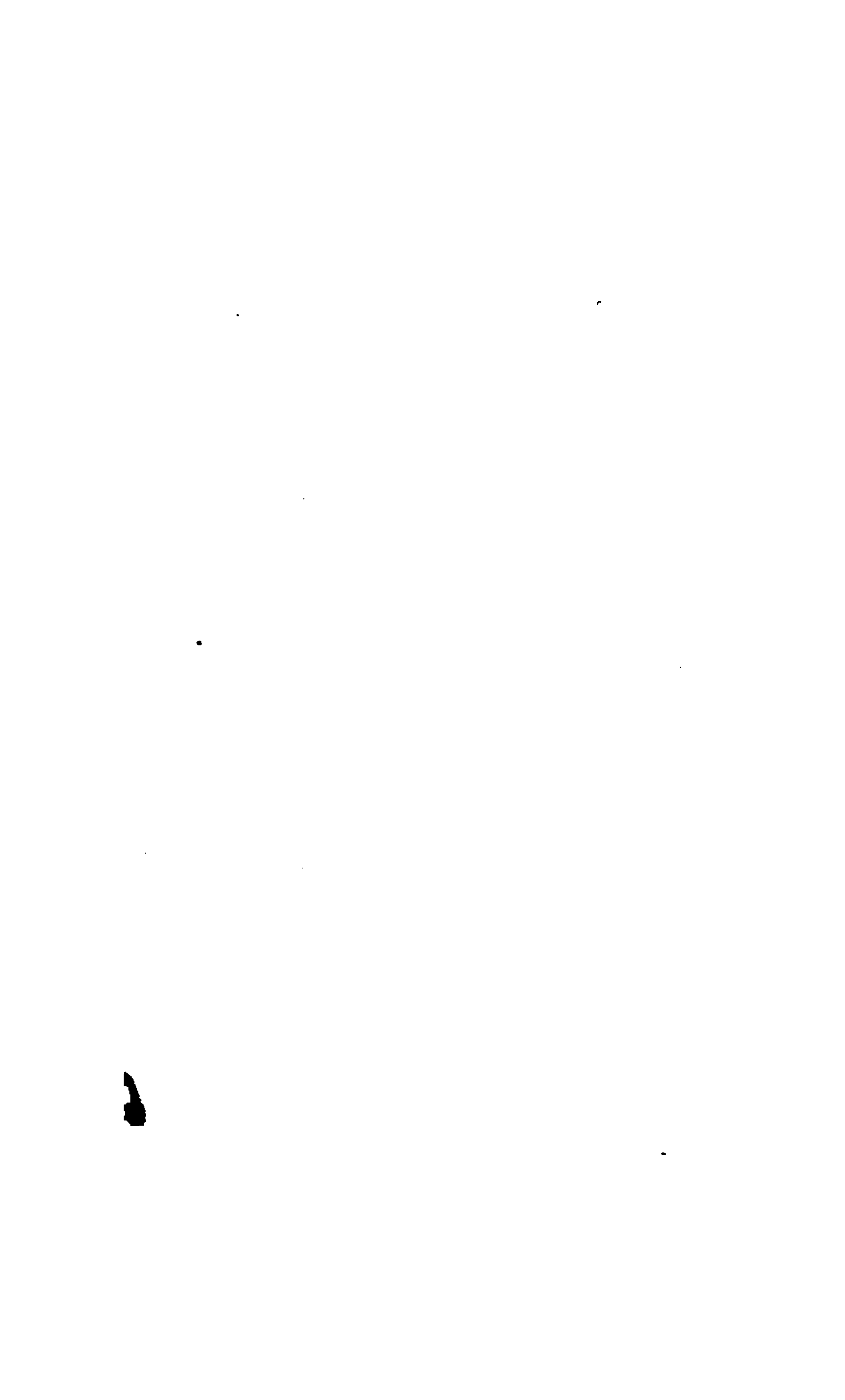


ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXXVIII.



ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

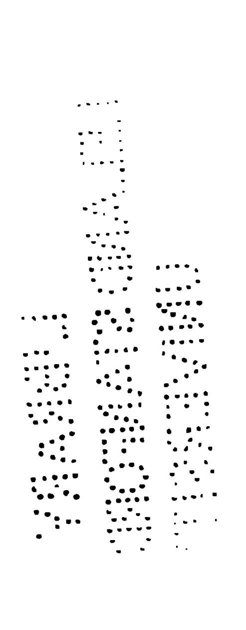
J. C. POGGENDORFF.

ACHT UND ACHTZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND VIER UND SECHZIGSTER.

NEBST VIER KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1853.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

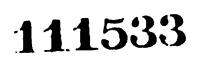
VON

J. C. POGGENDORFF.

ACHT UND ZWANZIGSTER BAND.

NEBST VIER KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1853.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.


111533

Inhalt

des Bandes LXXXVIII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

(*Geschlossen am 2. Januar* 1853.)

Zweites Stück.

(*Geschlossen am* 10. *Februar* 1853.)

Drittes Stück.

(*Geschlossen am* 8. *März* 1853.)

Viertes Stück.

(*Geschlossen am* 1. *April* 1853.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

1853. ANNALEN №. 1.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXVIII.

I. *Ueber die Abweichung der Geschosse, und: Ueber eine auffallende Erscheinung bei rotirenden Körpern; von G. Magnus.*

(Aus d. Abhandl. d. K. Akad. zu Berlin f. 1852.)

1. Ueber die Abweichung kugelförmiger Geschosse.

Es ist eine jetzt allgemein bekannte Erfahrung, dafs bei dem Abschiefsen einer Kugel, deren Schwerpunkt nicht mit ihrem Mittelpunkt zusammenfällt, eine Abweichung stattfindet, und zwar in der Art, dafs wenn der Schwerpunkt im Rohre auf der rechten Seite lag, auch die Abweichung nach rechts stattfindet, und ebenso wenn er auf der linken Seite lag, nach links, wenn er aber oberhalb der Axe sich befand, die Schufsweite gröfser, und wenn er unter der Axe lag, die Schufsweite verkürzt ist. Diese Abweichung kann bisweilen sehr erheblich werden, so dafs sie ein Sechstheil und in einzelnen Fällen sogar ein Viertheil von der Schufsweite, also mehrere hundert Schritte beträgt. Die Artillerie hat diese Erfahrung bereits benutzt, und seitdem die Lage des Schwerpunkts beim Laden berücksichtigt wird, ist es möglich das Ziel weit sicherer zu treffen als früher.

Eine Erklärung dieser Abweichungen ist indefs bis jetzt noch nicht gelungen. Man hat nur ermittelt, indem man mit solchen excentrischen Kugeln durch Wände geschossen hat, die in geringen Entfernungen vor dem Geschütze aufgestellt waren, dafs die seitliche Abweichung in einem gröfseren Verhältnifs wächst als die Entfernung. Es kann dieselbe daher nicht durch eine Kraft hervorgebracht

seyn, die nur während der Bewegung im Rohre gewirkt hat, etwa durch eine Reibung gegen die inneren Wände oder durch ein Anschlagen an diese oder an den vorderen Rand des Geschützes, sondern es mufs die ablenkende Kraft während der ganzen Zeit der Bewegung wirksam gewesen seyn.

Robins, der zuerst eine Erklärung dieser Abweichung in seinen *Principles of Gunnery* versucht hat, glaubte, dafs die ablenkende Kraft durch die Umdrehung des Geschosses erzeugt werde, und gegenwärtig nimmt man dies allgemein an.

Allein wiewohl man seit Robins sich sehr vielfältig bemüht hat zu erklären, wie durch eine solche Rotation eine Abweichung des Geschosses eintreten könne, so hat dies doch selbst den Bemühungen von Euler und Poisson nicht gelingen wollen. Besonders hat der Letztere den Gegenstand ausführlich in mehreren Abhandlungen behandelt, welche er der Pariser Academie vorgelegt hat, und die in dem *Journal de l'Ecole Polytechnique* abgedruckt, so wie auch als besonderes Werk unter dem Titel: *Recherches sur le mouvement des projectiles dans l'air* erschienen sind. Er betrachtet darin zuerst den Einflufs, welchen die Umdrehung der Erde auf die Bahn des Geschosses ausübt, sodann den, welchen die Reibung der Luft sowohl auf die translatorische als auf die rotirende Bewegung hat, und endlich den, welchen die unvollkommene Sphaericität, so wie der Mangel an Homogenität hervorbringen. Aus seinen Rechnungen folgert er, dafs zwar durch die Rotation des Geschosses eine Abweichung stattfinde, jedoch eine so geringe, dafs die beobachteten Ablenkungen nicht von einer Reibung der Oberfläche des Geschosses gegen die anliegende Luftschicht herrühren können [1]).

Seitdem haben mannigfache Controversen über die Erklärung dieser Abweichung stattgefunden, auf die einzugehen aufser dem Zwecke dieses Aufsatzes liegt. Wie we-

1) *Recherches sur le mouvement des projectiles p.* 77.

nig aber die bisher aufgestellten Erklärungen genügen, spricht der Würtembergische Major der Artillerie, Herr v. Heim, in seinen „*Beiträgen zur Ballistik in besonderer Beziehung auf die Umdrehung der Artilleriegeschosse*“ ganz bestimmt aus, indem er daselbst p. 13. sagt: „Sonach ist die Aufgabe eine den Anforderungen der Wissenschaft entsprechende Erklärung der erwähnten paradoxen Erscheinungen zu geben, bis jetzt noch keinesweges gelöst;“ und dann: „Dieses nachzuweisen und den Standpunkt der Frage festzustellen, zu zeigen, dafs auf dem bisher betretenen Wege das Ziel nicht erreichbar ist, und zugleich die Aufmerksamkeit der Männer von Fach auf diesen, nicht nur für die Artillerie-Wissenschaft, sondern für die gesammte Naturlehre sehr wichtigen Gegenstand zu lenken“ als den hauptsächlichen Zweck seines Werkes bezeichnet.

Durch eine Untersuchung, die ich früher in Bezug auf die Bewegung von Flüssigkeiten angestellt habe, bin ich auf die, von den bisher aufgestellten wesentlich abweichende, aber, wie mir scheint, richtige Erklärung dieser interessanten Erscheinung geführt worden.

Zur Begründung derselben schien es wünschenswerth, durch Versuche im Kleinen den Vorgang näher zu erforschen, und namentlich den Druck zu untersuchen, welchen die Luft an den verschiedenen Stellen des Geschosses ausübt.

Bei diesen Versuchen bin ich davon ausgegangen, dafs wenn eine Kugel sich durch die Luft bewegt, alle Druckverhältnisse ganz auf dieselbe Weise stattfinden, als wenn die Kugel an ihrer Stelle bleibt und die Luft sich bewegt, vorausgesetzt, dafs die Geschwindigkeit in beiden Fällen dieselbe ist. Man kann deshalb den Vorgang, welcher während der Bewegung eines Geschosses durch die Luft stattfindet, beobachten, wenn man das Geschofs an unveränderter Stelle läfst und die Luft gegen dasselbe mit der Geschwindigkeit bewegt, welche das Geschofs gehabt haben würde, und zwar ist die Beobachtung der Druckver-

hältnisse auf diese Weise möglich sowohl für das rotirende als für das nicht rotirende Geschofs.

Betrachtet man zunächst was vorgeht, wenn die Luft gegen eine an ihrer Stelle verharrende, jedoch nicht rotirende Kugel sich bewegt, so ist einleuchtend, dafs rund um den Durchmesser derselben, welcher der Richtung des Luftstroms parallel ist, die Bewegung der Luft auf gleiche Weise stattfindet. Anders verhält es sich aber, wenn die Kugel rotirt.

Läfst man nämlich einen Körper von möglichst vollkommener Kugelgestalt um eine feste Axe in ruhender Luft rotiren, so wird dieser Luft eine rotirende Bewegung mitgetheilt, die besonders stark ist, wenn die Kugel excentrisch rotirt, aber auch noch sehr deutlich beobachtet wird, wenn der Mittelpunkt in der Drehungsaxe liegt. Diese Bewegung der Luft ist rund um die Drehungsaxe dieselbe, so dafs, wenn auch der Mittelpunkt der Kugel nicht in der Drehungsaxe liegt, und man sich die Oberfläche vorstellt, welche die rotirende Kugel einhüllt, in allen Punkten eines Parallelkreises dieser Oberfläche die Kraft, mit welcher die Luft bewegt wird, dieselbe ist.

Betrachtet man nun die vereinte Wirkung der Rotation und der translatorischen Bewegung, so bewegt sich die Luft, relativ zur Kugel, auf der Seite, auf welcher die Drehung von vorn nach hinten stattfindet, durch beide, die Fortschreitung und die Rotation, in demselben Sinne. Auf der gegenüberliegenden Seite aber, wo die Drehung der Kugel von hinten nach vorn geschieht, bewegt sich die Luft in Bezug auf die Kugel, durch die Rotation im entgegengesetzten Sinne, als durch die translatorische Bewegung.

Hieraus ergiebt sich, dafs auf der Seite, auf welcher beide Wirkungen im gleichen Sinne stattfinden, die Luft sich mit gröfserer Geschwindigkeit bewegt als auf der andern. Da nun durch diese Bewegung der Luft, in Folge der Centrifugalkraft, ein Druck normal gegen die Kugelfläche entsteht, und dieser um so gröfser ist, je gröfser die

Kraft ist, mit welcher die Luft sich bewegt, so könnte man glauben, dafs die Seite des Geschosses, welche sich von vorn nach hinten dreht, einen stärkeren Druck gegen den Mittelpunkt erfahre, als die andere, welche sich von hinten nach vorn dreht, und dafs deshalb die Abweichung des Geschosses nach dieser letzteren Seite stattfinden müsse. Indessen lehrt die Erfahrung, dafs sie nach der Seite erfolgt, auf welcher die Kugel sich von vorn nach hinten dreht.

Deshalb war es nothwendig, auf experimentellem Wege den vorhandenen Druck zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde eine Kugel um eine feste Axe in Rotation gesetzt, und ein Luftstrom gegen sie gerichtet. Weil sich aber die Beobachtungen an einem Cylinder mit mehr Sicherheit anstellen liefsen, so wurde später die Kugel durch einen Cylinder ersetzt. Mittelst einer einfachen Vorrichtung konnte man diesen Cylinder entweder so befestigen, dafs seine Axe mit der Rotationsaxe möglichst zusammenfiel, und ihn auf diese Weise concentrisch rotiren lassen, oder ihm durch eine kleine Verschiebung eine excentrische Rotation ertheilen.

Der Luftstrom, welcher senkrecht gegen die Axe des Cylinders gerichtet wurde, hatte zwar in der Höhe eine viel geringere Ausdehnung als der rotirende Cylinder, doch war er von solcher Breite, dafs selbst, wenn der Cylinder mit der gröfsten Excentricität rotirte, er sich doch stets innerhalb des Stromes befand. Aufserdem war dafür gesorgt, dafs in dieser ganzen Breite die Bewegung der Luft dieselbe war. Zur Erzeugung des Luftstromes wurde gewöhnlich ein kleines Centrifugalgebläse benutzt, das in Fig. 1. Tafel I. abgebildet ist. In der Trommel desselben *F* (welche 6 Zoll Durchmesser hatte), wurde mittelst des Schwungrades *E* eine Welle bewegt, an der sechs schaufelförmige Windflügel befestigt waren, durch welche in der ganzen Breite der Trommel (welche 5 Zoll betrug) die Luft gleichmäfsig bewegt, und aus der ebenso breiten Oeffnung *mn* hervorgetrieben wurde.

Kleine Windfahnen, die sehr beweglich waren, dienten dazu die Veränderungen des Drucks anzuzeigen, welche während der Rotation des Cylinders in dem Luftstrome stattfanden. Es wurden zwei solche *a* und *b* Fig. 1. Tafel I. zu beiden Seiten des Cylinders so aufgestellt, dafs ihre Drehungspunkte in gleicher Entfernung von der Oeffnung *mn* und in gleichem Abstande von der Ebene waren, die durch die Drehungsaxe des Cylinders und durch die Mitte des Luftstroms geht. Wurde der Cylinder nicht gedreht, so nahmen beide Fahnen die Richtung des Luftstroms an. Sobald der Cylinder aber zu rotiren begann, so wandte sich auf der Seite, wo derselbe sich in gleicher Richtung mit dem Luftstrom bewegte, die Fahne dem Cylinder zu, während die auf der andern, wo die Bewegung des Cylinders und des Luftstroms in entgegengesetzter Richtung stattfanden, abgewandt wurde. Es war folglich auf jener Seite ein geringerer, auf dieser ein gröfserer Luftdruck vorhanden als im Zustand der Ruhe.

Diese Unterschiede im Drucke der Luft zeigten sich am stärksten in der Nähe der Stelle, wo die Richtung des Stromes Tangente des Cylinders war.

Bei sehr grofser Geschwindigkeit der ankommenden Luft im Verhältnifs zu der durch die Rotation des Cylinders erzeugten, wurden die Windfahnen nur sehr wenig von der Richtung abgelenkt, welche sie, bevor der Cylinder rotirte, durch den ankommenden Luftstrom angenommen hatten. War hingegen die Bewegung, welche die Luft durch die Rotation erhielt, nicht viel geringer als die in dem Strom vorhandene, so wurde die Fahne auf der Seite, auf welcher beide Bewegungen in demselben Sinne stattfanden, sehr stark gegen den Cylinder bewegt, und dann wurde auch auf der andern Seite die Fahne stark fortgedrückt.

Ich wende mich nun zu der Erklärung dieser Erscheinungen. Es stehen dieselben im nächsten Zusammenhange mit denen, welche in einer Abhandlung „*Ueber die Bewe-*

gung der Flüssigkeiten" von mir beschrieben und erklärt worden sind [1]).

Wenn nämlich eine Flüssigkeit in die gleichartige Masse mit einer gewissen Geschwindigkeit durch eine Oeffnung einströmt, so ist der Druck, welcher senkrecht gegen die Richtung stattfindet, nach welcher die einströmende Masse sich bewegt, geringer als der, welcher an dieser Stelle im Zustande der Ruhe vorhanden seyn würde.

Man kann sich am leichtesten von dieser Verminderung des Drucks überzeugen, indem man aus einer Röhre Luft hervorbläst, und neben der Ausströmungsöffnung eine Lichtflamme bringt. Sobald die Geschwindigkeit der Luft grofs genug ist, sieht man die Flamme sich gegen den Luftstrom bewegen und bei zunehmender Geschwindigkeit richtet sie sich zuletzt ganz senkrecht gegen den Strom. Ebenso zeigt sich eine solche Verminderung des Drucks, wenn man einen Luftstrom gegen eine feste Wand richtet; denn es bewegt sich eine vor dieser Wand neben dem Luftstrom aufgestellte Flamme nicht von der Wand fort, sondern nach ihr hin.

Richtet man einen Luftstrom gegen einen festen Cylinder, so tritt ganz dasselbe an der Fläche des Cylinders ein. Ist die Richtung dieses Stromes senkrecht gegen die Axe des Cylinders, und stellt man auf beiden Seiten, in geringer Entfernung, Lichtflammen oder kleine Windfahnen auf, so bewegen sich diese gegen den Cylinder, wenigstens wenn der Luftstrom von einer wenig gröfseren Breite als der Durchmesser des Cylinders ist. Es bringt also die Bewegung der Luft längs der Cylinderfläche nicht, wie man allgemein annimmt, eine Vermehrung des Drucks gegen diese hervor, sondern im Gegentheil eine Verminderung in einer gegen den Luftstrom senkrechten Richtung, und zwar eine um so gröfsere, je gröfser die Geschwindigkeit der Luft ist.

1) Abhandlungen der Academie der Wissenschaften zu Berlin für 1848 S. 135. Pogg. Ann. LXXX, S. 1.

Wie es zu einer solchen Verminderung des Druckes kommt, findet sich in der erwähnten Abhandlung §. 35. entwickelt [1]).

1) Die dort gelieferte Erklärung will ich hier in etwas veränderter Form wiedergeben.

Wenn eine Flüssigkeit, sie mag tropfbar oder elastisch flüssig seyn, durch eine Oeffnung in einen Raum strömt, der mit der gleichartigen, aber in Ruhe befindlichen Substanz erfüllt ist, so breitet sich die bewegte Masse aus, so dafs ihre Querschnitte um so gröfser sind, je weiter sie von der Einströmungsöffnung entfernt genommen werden. Geschieht das Zuströmen mit unveränderter Geschwindigkeit, so ist, nach einiger Zeit, an jeder Stelle der sich bewegenden Masse die Geschwindigkeit unverändert, dabei ist sie jedoch in den verschiedenen Querschnitten um so geringer, je weiter diese von der Einströmungsöffnung entfernt sind. Nimmt man an, dafs alle Theile, welche gleichzeitig durch denselben Querschnitt P gehen, gleiche Geschwindigkeit C haben, so ist die Masse, welche durch diesen Querschnitt in der Zeiteinheit hindurchgeht, PC; und wenn P_1 die Gröfse eines entfernteren, und also gröfseren Querschnitts, und C_1 die in demselben vorhandene Geschwindigkeit bezeichnet, so ist die Masse, welche durch diesen Querschnitt in der Zeiteinheit hindurchgeht $P_1 C_1$. Die bewegende Kraft oder die Quantität der Bewegung in den verschiedenen Querschnitten ist aber das Product der Masse, welche in der Zeiteinheit sich durch dieselben bewegt, in ihre Geschwindigkeit, d. i. PC^2 und $P_1 C_1^2$.

Diese Quantitäten müssen einander gleich seyn. Denn es ist gar kein Grund vorhanden, weshalb die Quantität der Bewegung sich ändern sollte. Zwar wird in jedem folgenden Querschnitt die Bewegung an eine gröfsere Anzahl von Theilen der Flüssigkeit übertragen als in dem vorhergehenden, und deshalb wird die Geschwindigkeit derselben geringer, allein da alle Theile der Flüssigkeit vollkommen bewegbar sind, so kann, wenn man absieht von dem Einflufs der Reibung, nichts von der Quantität der Bewegung aufgehoben oder vernichtet werden. Es ist also

$$P_1 C_1^2 = PC^2$$

und da $C_1 < C$; so ist

$$P_1 C_1 > PC.$$

d. h. es ist die Masse, welche durch den entfernteren Querschnitt in der Zeiteinheit hindurchgeht, gröfser als die, welche in derselben Zeit durch den der Einströmungsöffnung näheren geht.

Diefs ist nur dadurch möglich, dafs, von der seitlich ruhenden ein Theil in die bewegte Masse hineintritt. Die oben erwähnte Abhandlung enthält (§. 33) für tropfbare Flüssigkeiten den experimentellen Beweis, dafs die zur Seite befindliche Masse sogar bis in die Mitte der bewegten gelangt; ohne Zweifel geschieht diefs bei den luftförmigen in



Dreht sich der Cylinder nicht, so ist die Verminderung des Luftdrucks auf beiden Seiten gleich. Dreht er sich aber, so ist auf der Seite, die sich in gleicher Richtung mit der Luft bewegt, die Geschwindigkeit und folglich auch die Verminderung des Drucks gröfser als auf der anderen, wo eine der Luft entgegengesetzte Bewegung stattfindet. Der Versuch zeigt aber auf dieser Seite, die sich dem ankommenden Luftstrome entgegen bewegt, keine Verminderung, sondern eine Vergröfserung des Luftdrucks, so dafs hier der Druck senkrecht gegen die Richtung des ankommenden Luftstroms gröfser ist, als er an dieser Stelle seyn würde wenn keine Bewegung stattfände. Der Grund hiervon ist folgender.

Aus den Untersuchungen von Savart weifs man, dafs

ganz ähnlicher Weise, und dadurch entsteht bei beiden eine Verminderung des Drucks senkrecht gegen die Richtung, in welcher die ursprüngliche Bewegung sich fortpflanzt. Die Verminderung des seitlichen Drucks beruht hiernach wesentlich darauf, dafs die in Bewegung befindliche Masse sich ausbreitet, oder dafs in jedem entfernteren Querschnitt eine gröfsere Anzahl von Flüssigkeitstheilen sich bewegen.

Dafs die Verminderung des seitlichen Drucks auf der Ausbreitung der Flüssigkeit beruht, davon kann man sich leicht überzeugen, indem man Luft oder eine tropfbare Flüssigkeit mit einiger Geschwindigkeit durch eine horizontale Röhre bewegt, die überall denselben Durchmesser hat. Strömt die Flüssigkeit in dieselbe durch eine Oeffnung, deren Querschnitt dem der Röhre gleich ist, so dafs sie sich also in der Röhre nicht ausbreitet, so findet auch keine Verminderung des seitlichen Drucks statt. Denn wenn aus dieser horizontalen Röhre ein enges Rohr vertical in ein Gefäfs mit Wasser hinabgeht, so steigt während der Bewegung in dem horizontalen Rohre, das Wasser in dem verticalen nicht in die Höhe. Ist aber die Oeffnung, durch welche die Flüssigkeit in das horizontale Rohr strömt, kleiner als der Querschnitt dieses Rohrs, und es geht das enge Rohr da nieder, wo die bewegte Flüssigkeit sich noch ausbreitet, so sieht man das Wasser in die Höhe steigen. Strömt die Flüssigkeit in die horizontale Röhre aus einem weiten Gefäfs, unter gröfserem Druck, so zeigt sich unmittelbar hinter der Einströmungsöffnung, auch wenn diese denselben Durchmesser wie das horizontale Rohr hat, eine Verminderung des seitlichen Drucks. Diese rührt aber gleichfalls von einer Ausbreitung her, indem die in das horizontale Rohr strömende Flüssigkeit sich zusammenzieht, und sich darauf jenseits ihrer gröfsten Zusammenziehung wieder ausbreitet.

wenn zwei Strahlen einer tropfbaren Flüssigkeit sich gegen einander bewegen, die beide aus kreisrunden Oeffnungen von demselben Durchmesser mit gleicher Geschwindigkeit so hervorgehn, dafs ihre Axen in derselben geraden Linie liegen, die Bewegung dadurch nicht gleich Null wird, sondern die Flüssigkeit sich seitwärts bewegt und eine kreisförmige Scheibe bildet, welche senkrecht gegen die Richtung der Strahlen ist. Ueberhaupt, wenn zwei Massen von Flüssigkeit sich gegen einander bewegen, so heben die Bewegungen sich nicht, wie bei festen Körpern auf, sondern es entsteht eine seitliche Bewegung, deren Richtung und Geschwindigkeit von dem Verhältnifs der Massen, die einander treffen, sowie von deren Geschwindigkeit abhängt.

Bei dem Versuche mit dem Cylinder bewegt sich auf der einen Seite die Luft durch die Rotation dem ankommenden Luftstrom entgegen, deshalb entsteht auch hier eine seitliche Bewegung der Luft, durch welche die Windfahne auf dieser Seite fortgedrückt wird. Diese ist bei einem gewissen Verhältnifs der Geschwindigkeiten beider Luftmassen ein Maximum, und normal gegen die Richtung derselben. Daher wurde auch die Windfahne, wie oben erwähnt, am stärksten zur Seite gedrückt, wenn ein bestimmtes Verhältnifs der durch die Rotation erzeugten Geschwindigkeit und der des ankommenden Luftstromes vorhanden war.

Die Anwendung dieser Versuche auf die Abweichung der kugelförmigen Geschosse ergiebt sich von selbst.

Rotirt eine Kugel während ihrer fortschreitenden Bewegung so, dafs die Drehungsaxe sich stets in der Hauptnormale der Flugbahn befindet, und nennt man die Bewegung der Kugel, wenn der vorangehende Theil derselben sich von links nach rechts in Bezug auf den hinter dem Geschütz befindlichen Beobachter dreht, eine rechtsdrehende, wenn hingegen der vorangehende Theil sich von rechts nach links bewegt, eine links drehende, so folgt unmittelbar aus den eben beschriebenen Versuchen, dafs bei der

rechtsdrehenden Kugel gegen ihre rechte Seite eine Verminderung des Luftdruckes stattfindet, gegen ihre linke Seite hingegen eine Vermehrung, das Geschofs weicht daher nach rechts ab. Ebenso weicht das linksdrehende Geschofs nach links ab.

Ist die Drehungsaxe des Geschosses senkrecht gegen die Ebene der Bahn, oder wenn diese von doppelter Krümmung ist, gegen die Osculationsebene, so findet zwar keine seitliche Abweichung statt, aber der Druck der Luft ist über und unter der Kugel verschieden. Bewegt sich der obere Theil derselben in der Richtung der Fortschreitung, so ist er von oben gröfser als von unten, das Geschofs senkt sich, und die Schufsweite ist daher geringer als sie sein würde, wenn der Druck von oben und von unten gleich wäre. Bewegt sich der untere Theil der Kugel in der Richtung ihrer Fortschreitung, so ist der Druck von unten gröfser und sie hebt sich, die Schufsweite ist daher gröfser. Nur wenn die Drehungsaxe stets Tangente der Bahn wäre, so fände keine Abweichung durch die Rotation statt. In jeder andern Lage derselben mufs entweder eine Seiten- oder eine Längenabweichung, oder eine Seiten- und Längenabweichung erfolgen.

Diese durch die angeführten Versuche, wie ich glaube, hinreichend begründete Erklärung von der Abweichung der kugelförmigen Geschosse, ist zwar den bisher gebräuchlichen Vorstellungsweisen vom Widerstande der Luft entgegen, aber sie ist darum nicht weniger richtig. Um sie jedoch gegen jeden Einwand sicher zu stellen, wäre noch übrig nachzuweisen, dafs der Unterschied des auf beiden Seiten des Geschosses vorhandenen Luftdrucks grofs genug ist, um eine Abweichung des Geschosses selbst hervorzubringen. Da man bis jetzt die Gröfse dieses Unterschiedes nicht messen kann, so habe ich versucht im Kleinen eine seitliche Bewegung durch denselben hervorzubringen, um auf diese Weise darzuthun, dafs der Unterschied des Luftdrucks hinreichend ist, die Geschosse von ihrer Bahn abzulenken.

Um eine solche Ablenkung zu erzeugen, wurde ein leichter hohlgearbeiteter Cylinder aus Messing, 3 Zoll hoch 2 Zoll im Durchmesser, *ab* Fig. 2, Taf. I. benutzt, der sehr leicht um seine Axe beweglich war, die zwischen zwei in einem Ringe aus Metall befestigten Spitzen lief. Derselbe wurde mit diesem Ringe an dem einen Ende eines leichten, 4 Fufs langen Balkens *yz* aus Holz befestigt, der in seiner Mitte an einem feinen, 8 Fufs langen Metalldraht *vw* aufgehängt war, und eine Art Drehwaage bildete. Um ihn horizontal zu erhalten trug er an seinem andern Ende ein verschiebbares Gegengewicht *p*, und aufserdem war er noch durch zwei Schnüre *rt* und *ru* an den Punkten *t* und *u*, welche gleich weit von der Mitte *v* entfernt waren, in schräger Richtung mit dem verticalen Draht verbunden. Diese Verbindung hatte zum Zweck schwankende Bewegungen so viel als möglich zu vermeiden. Zu demselben Zwecke ging auch noch ein seidener Faden *vc* von der Mitte *v* des Balkens herab, und war genau senkrecht unter dem Aufhängepunkt des Drahts *w* so befestigt, dafs der Drehungspunkt *v* des Balkens sich nur um so viel aus seiner Lage entfernen konnte, als die Elasticität des Drahts *wv* und des seidenen Fadens *vc* gestatteten.

Um den Cylinder in Rotation zu versetzen war in der Verlängerung seiner Axe eine kleine Rolle *e* angebracht, um welche eine dünne seidene Schnur gewickelt wurde. Indem man diese schnell abzog, erhielt der Cylinder eine rotirende Bewegung, die für einige Zeit, etwa 2 bis 3 Minuten anhielt. Während der Cylinder rotirte wurde ein Luftstrom gegen ihn gerichtet. Zur Erzeugung desselben diente das oben pag. 4. beschriebene kleine Centrifugalgebläse *EF*. Dasselbe war so aufgestellt, dafs die Luft in der Richtung des Balkens *yz* von dem Drehungspunkte *v* sich gegen den bei *z* befestigten Cylinder bewegte, der in einer Entfernung von 2 Zoll vor der Oeffnung *mn* des Centrifugalgebläses sich vertical in seinem Ringe befand, dessen Ebene senkrecht gegen die Richtung des Luftstroms war. Der Cylinder würde aus dem Luft-

strome herausgekommen seyn, sobald er sich zur Seite bewegte, wenn nicht dafür gesorgt gewesen wäre, dafs das ganze Centrifugalgebläse so nachfolgen konnte, dafs der Luftstrom stets in der Richtung des Balkens *yz* wirkte. Für diesen Zweck war dasselbe auf ein Brett *AB* aufgesetzt, das sich um eine verticale Axe *c* drehen liefs, und an seinem andern Ende ein Gegengewicht *G* trug.

Rotirte der Cylinder ohne dafs ein Luftstrom gegen ihn wirkte, so blieb er an seiner Stelle. Ebenso blieb er in Ruhe, wenn er nicht rotirte und der Luftstrom gegen ihn gerichtet wurde. Traf aber der Luftstrom den rotirenden Cylinder, so bewegte sich dieser mit dem Waagebalken *yz* nach der Seite, auf welcher die Luft durch die Rotation und durch das Centrifugalgebläse in gleichem Sinne bewegt wurde, wie diefs in Fig. 3 Taf. I. durch die Pfeile angedeutet ist. Daselbst bezeichnet *a* die Richtung des Luftstroms, *b* den Sinn der Rotation des Cylinders, und *c* die Richtung der Abweichung.

Folgte das Centrifugalgebläse durch Drehung des Brettes *AB* dem Cylinder, so bewegte dieser sich so lange seitlich, als seine Rotation noch ziemlich stark war, oft durch einen vollen Kreis. Liefs man ihn im entgegengesetzten Sinne rotiren, so fand auch seine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite statt. Wurde der Luftstrom unterbrochen, so hörte der Balken *yz*, an dem der Cylinder befestigt war, nicht sogleich auf sich zu bewegen, weil sein Trägheitsmoment ziemlich bedeutend war. Wenn man, während der Cylinder rotirte und sich durch den gegen ihn gerichteten Luftstrom mit dem Balken *yz* nach einer Seite bewegte, diesen nach der andern Seite hinüberstiefs, dabei aber mit dem Centrifugalgebläse folgte, so hörte die durch den Stofs ertheilte Bewegung bald auf und verwandelte sich in die ursprüngliche. Es konnte daher gar nicht zweifelhaft sein, dafs die seitliche Bewegung des Cylinders durch seine Rotation und die gleichzeitige Einwirkung des Luftstroms entstand.

Zwar übte der Luftstrom gegen die Fläche des Ringes,

in dem der Cylinder rotirte, auch einen Druck aus, und wenn diese Fläche nicht senkrecht gegen die Richtung des Stromes war, so wurde der Ring, wenn der Cylinder nicht rotirte, zur Seite bewegt. Dafs aber die beobachtete Abweichung des rotirenden Cylinders nicht von solcher Stellung des Ringes herrührte, geht daraus hervor, dafs selbst wenn die Ebene desselben so gestellt wurde, dafs sie während der Cylinder rotirte, einen Winkel von 45 Grad mit dem Luftstrom machte, die Seitenabweichung nach rechts oder nach links stattfand, je nachdem der Cylinder nach rechts oder nach links rotirte; woraus hervorgeht, dafs der seitliche Druck gegen die Fläche des nur 0,25 Zoll breiten Ringes nur sehr gering und fast verschwindend gegen die Kraft war, mit welcher der Cylinder durch seine Rotation sich seitlich bewegte.

Berücksichtigt man die grofse Peripherie-Geschwindigkeit eines rotirenden Geschosses im Vergleich mit der des Cylinders, so ist es ganz unzweifelhaft, dafs der Unterschied des Luftdrucks gegen die einander gegenüberliegenden Seiten eines solchen Geschosses grofs genug ist, um eine seitliche Abweichung desselben zu erzeugen.

Hiernach glaube ich die gegebene Erklärung von der Abweichung der kugelförmigen Geschosse als die richtige betrachten zu können.

2. Ueber die Abweichung länglicher Geschosse.

In neuerer Zeit sind in verschiedenen Artillerien Versuche mit länglichen Hohlgeschossen gemacht worden, die aus gezogenen Geschützen abgefeuert werden. Dieselben haben fast überall, wo sie angewendet werden, eine cylindrische Gestalt mit conischer oder ogivaler Zuspitzung, während ihr hinteres Ende, oder ihre Basis, entweder eben oder halbkugelförmig abgerundet ist. Sie erhalten durch die Züge eine Drehung um ihre Axe d. i. um die Linie von der Spitze des Conus nach der Mitte der Basis, oder wenigstens um eine dieser sehr nahe liegende Linie. An allen den Stellen, von welchen die Versuche mit solchen

gezogenen Geschützen veröffentlicht sind, hat man ebenfalls eine Seitenabweichung der Geschosse beobachtet[1]), aber stets nach derselben Seite, nämlich nach der Rechten des Beobachters, der hinter dem Geschütze steht und dieses ansieht. Es drängt sich daher die Frage auf, ob diese Seitenabweichung, die übrigens sehr viel geringer ist als die bei den kugelförmigen Geschossen, welche aus glatten Röhren gefeuert werden, sich auf dieselbe Weise erklären lasse wie diese.

Dafs die Abweichung der länglichen Geschosse stets nach derselben Seite stattfindet, rührt ohne Zweifel davon her, dafs die Züge in den Geschützen immer in demselben Sinne gewunden sind, nämlich so, dafs wenn ein Beobachter hinter dem Geschosse diefs ansieht und die Richtung verfolgt, in welcher ein Punkt sich in dem Zuge von ihm fortbewegt, dieser in dem oberen Theile des Rohrs von links nach rechts und in dem unteren von rechts nach links, oder, um es kürzer auszudrücken, wie der Zeiger einer Uhr geht.

Ich werde diese Art Züge rechtsläufige nennen, die in entgegengesetzter Richtung fortschreitenden linksläufige.

So viel mir bekannt, sind bis jetzt noch keine Beobachtungen angestellt über die Richtung, in welcher die Seitenabweichung bei linksläufigen Geschützen stattfindet. Aber die constante Abweichung nach rechts bei den rechtsläufigen läfst keinen Zweifel darüber, dafs die Richtung dieser Abweichung durch die Richtung der Züge bedingt werde, und dafs bei linksläufigen unfehlbar auch eine Abweichung nach links eintreten würde.

Gewifs wäre es wünschenswerth, auch einmal ein Geschütz mit linksläufigen Zügen zu versehen, um durch die Erfahrung festzustellen, dafs bei diesen die Seitenabweichung im entgegengesetzten Sinne als bei den gewöhnlich angewandten, rechtsläufigen stattfindet.

Bei dem Schiefsen solcher länglichen Geschosse gegen

1) Auch bei den aus Gewehren abgefeuerten spitzen Geschossen soll eine ähnliche Abweichung in neuerer Zeit beobachtet seyn.

eine Scheibe hat sich ergeben, dafs die Axe des Geschosses annähernd in der Tangente der Flugbahn liegt. Läge sie stets genau in dieser Tangente, so würde der Widerstand der Luft, da er in der Richtung der Tangente gegen das Geschofs statt hat, stets parallel der Axe wirken. Es würde dann die Bewegung der Luft rund um die Axe ganz dieselbe sein, folglich könnte der Widerstand eine Seitenabweichung nicht hervorbringen. Allein die Axe ist nicht genau Tangente der Flugbahn, wie aus den später zu erwähnenden Versuchen hervorgeht. Sie macht vielmehr stets einen, wenn auch nur sehr kleinen Winkel mit der Tangente, und unter diesem Winkel trifft daher auch der Widerstand der Luft das Geschofs.

Man könnte glauben, dafs dieser kleine Winkel genüge, um, in ähnlicher Weise wie bei den kugelförmigen Geschossen, eine Verminderung des Luftdrucks auf der einen und eine Vermehrung auf der andern Seite hervorzubringen. Bei näherer Betrachtung ergiebt sich aber, dafs wenn diefs der Fall sein sollte, bei den rechtsdrehenden Geschossen die Verminderung des Drucks auf der linken Seite des obenerwähnten Beobachters stattfinden würde, und die Geschosse folglich nach dieser Seite abweichen müfsten, während sie in der That nach der entgegengesetzten d. i. nach der rechten Seite abweichen.

Die Ursache der Abweichung mufs daher bei den länglichen Geschossen eine andere als bei den kugelförmigen seyn.

Um diese Ursache aufzufinden, schien es vor Allem nothwendig, die Richtung der Axe der Geschosse während ihrer Bewegung genauer kennen zu lernen.

Mit der gröfsten Zuvorkommenheit haben die Herren Mitglieder der Kgl. Artillerie-Prüfungs-Commission, welche mit der Ausführung der Versuche dieser Commission betraut sind, einige Versuche für diesen Zweck anstellen lassen. Es wurden nämlich mehrere solcher länglicher Geschosse mit einer so geringen Pulverladung abgefeuert, dafs es möglich war dieselben während ihres Fluges mit

den

den Augen zu verfolgen und die Lage der Axe zu beobachten. Die Herren Mitglieder der Commission haben selbst die Güte gehabt bei diesen, in meiner Gegenwart ausgeführten Versuchen sich der Beobachtung der Geschosse zu unterziehen. Das Resultat war folgendes:

Während der Bewegung des Geschosses wurde, nach der übereinstimmenden Beobachtung aller, seitwärts von der Bahn aufgestellten Personen, die Axe des Geschosses nahe in der Tangente der Flugbahn erblickt, dabei war aber in dem absteigenden Aste der Bahn deutlich zu erkennen, daſs die Spitze etwas höher lag, als sie hätte liegen müssen, wenn die Axe genau Tangente gewesen wäre.

Zugleich lieſs sich bei allen Schüssen, sowohl aus der Bewegung der Geschosse durch die Luft als auch aus der Form der Furchen, welche dieselben in den Boden gerissen hatten, deutlich erkennen, daſs die Spitze im Augenblicke des Aufschlagens um etwas nach rechts abgelenkt war. Etwa so wie dieſs Fig. 4, Taf. I. darstellt, in welcher *AB* die ursprüngliche Richtung des Schusses, *CD* die Richtung der Aufschlagsfurche, und *ab* die Richtung der Axe in dem Augenblicke bezeichnet, in welchem das Geschoſs zum Boden gelangte.

Wenn ein Geschoſs in solcher Richtung auf den Boden aufschlägt, und die Spitze berührt diesen zuerst, so kann sogar während des Eindringens ein Umschlagen in der Art stattfinden, daſs der hintere Theil des Geschosses nach vorn zu liegen kommt. Dieſs war auch bei den meisten Schüssen wirklich der Fall, denn die Geschosse, welche in der Erde stecken blieben, fanden sich in einer solchen Lage gegen die Schuſslinie, wie sie in Fig. 5, Taf. I. angedeutet ist, in welcher *AB* die Schluſslinie und *ab* die Lage der Geschoſsaxe in der Erde darstellt; wobei jedoch die Spitze *b* viel tiefer liegend als der hintere Theil *a* gedacht werden muſs.

Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, daſs die Axe des Geschosses während der translatorischen Bewegung nicht nur nicht genau mit der Tangente zusammen-

fällt, sondern dafs sie auch mit der, durch die Tangente gehenden Verticalebene einen Winkel macht, und so von dieser Ebene abweicht, dafs die Spitze des Geschosses in Bezug auf den hinter dem Geschütz befindlichen Beobachter nach rechts liegt.

Geht man von der Voraussetzung aus, dafs die Axe des Geschosses während der ganzen Flugbahn die angegebene Lage gegen die durch die Tangente gehende Verticalebene hat, so ist leicht einzusehen, dafs dann das Geschofs durch den Widerstand der Luft nach derselben Seite hinübergedrückt wird, da dieser hier wie gegen eine geneigte Ebene wirkt. Könnte man daher das Vorhandensein einer Kraft nachweisen, welche die Axe des Geschosses so dreht, dafs dieselbe einen Winkel mit der durch die Tangente gehenden Verticalebene macht, so würde dadurch auch der Grund der seitlichen Abweichung des ganzen Geschosses nachgewiesen sein.

Wenn auf die Axe eines Körpers, der durch Drehung einer Curve um diese Axe entstanden ist, eine Kraft einwirkt, welche nicht durch den Schwerpunkt geht, so bewegt diese, so lange der Körper nicht rotirt, die Axe in der Ebene, welche durch die Richtung der Kraft und die Axe gelegt werden kann. Rotirt aber der Körper mit grofser Geschwindigkeit, so wird die Axe nicht in dieser Ebene gedreht, sondern sie bewegt sich zur Seite und beschreibt, wenn der Schwerpunkt als fester Punkt gedacht wird, einen Kegel.

Auf diesem Satze beruht die von dem Vorrücken der Nachtgleichen, so wie von der Nutation gegebene Erklärung. Bohnenberger[1]) hat um denselben durch Versuche anschaulich zu machen, einen kleinen Apparat sehr sinnreich erdacht, und Poisson hat jenen Satz ausführlich in einem eignen Memoire behandelt, das sich im Cahier XVI, p. 247 des *Journal de l'Ecole polytechnique* findet.

1) Gilbert's Ann. LX. 60. *Tübinger Blätter für Naturwissenschaften und Arzneikunde* von v. Autenrieth u. Bohnenberger Bd. III. Heft 1.

Bohnenberger's Apparat besteht aus einem abgeplatteten, runden Körper, einem Sphäroïd, das um seine Axe sehr leicht drehbar, und in drei Ringen so aufgehängt ist, dafs man der Axe jede beliebige Richtung ertheilen kann.

Ich habe einen ähnlichen Apparat ausführen lassen, der aber statt des Sphäroïds einen Körper von der Form der oben beschriebenen länglichen Geschosse in verkleinertem Maafsstabe enthält. Sein cylindrischer Theil hat 2 Zoll Durchmesser und ist ebenso hoch. Die Höhe aber des ganzen Körpers aus Messing, mit seiner rechtwinklig konischen Zuspitzung, beträgt 3,4 Zoll. An der Spitze desselben ist mit der Axe eine kleine Rolle verbunden, die dazu dient eine dünne seidene Schnur aufzuwickeln. Durch schnelles Abziehen derselben erhält der Körper eine Rotation, die während einiger Zeit mit fast unveränderter Geschwindigkeit dauert. Der ganze Apparat ist in Fig. 6, Taf. I abgebildet. Die stählerne Axe ab des Körpers L bewegt sich zwischen zwei Spitzen, die in dem innern Ringe EF befestigt sind. Durch die Aufhängung in den Ringen ist es zwar möglich, die Axe in jede beliebige Lage zu bringen, damit sie aber in dieser verbleibe, ist es nothwendig, dafs der Schwerpunkt des Körpers, und auch der der Ringe, in dem Mittelpunkte der letzteren sich befinden. Es ist deshalb der äufserlich ganz geschlossene Körper L zum Theil hohl.

Die Ausführung dieses Apparates ist nicht ganz leicht und erfordert in sofern einen sehr genauen Arbeiter, als es besonders darauf ankommt, dafs der Schwerpunkt bei jeder Lage des Körpers L in dem gemeinsamen Mittelpunkte sämmtlicher Ringe sich befinde. Hierzu ist nothwendig, dafs die beiden Drehungsaxen der inneren Ringe AB und EF und die Axe ab des Körpers sich in einem Punkte schneiden, und dafs in diesem auch der Schwerpunkt liege. Um diefs letzte zu erreichen, lassen sich die Spitzen a und b durch Schrauben vor- und rückwärts bewegen.

Bei dieser Einrichtung ist, so lange keine Rotation statt-

findet, jeder Ring durch die geringste Kraft leicht beweglich. Läfst man den Körper aber rotiren, so bedarf es einer sehr merklichen Kraft, um einen der Ringe auch nur um wenig aus seiner Lage zu bringen. Daher beharrt auch die Axe *ab* des Körpers während der Rotation unverändert in ihrer Richtung.

Läfst man nun, während der Körper rotirt, eine Kraft gegen die Axe wirken, die nicht durch den Schwerpunkt geht; ist z. B. die Axe des Körpers gegen den Horizont geneigt, und es wirkt eine verticale Kraft auf sie ein, hervorgebracht durch ein Gewicht, das an dem Ringe *EF* in der Nähe des Endpunktes der Axe bei *b* angebracht ist, so bewegt sich die Axe nicht in der verticalen Ebene, sondern sie beschreibt einen Kegel, indem sie damit anfängt sich sehr langsam horizontal nach einer Seite zu bewegen. Wirkt die Kraft statt in verticaler in horizontaler Richtung, so beschreibt die Axe einen Kegel, indem sie damit anfängt sich sehr langsam vertical nach unten oder nach oben zu bewegen. Ueberhaupt beginnt diese Bewegung stets in einer gegen die Ebene, welche durch die Richtung der Kraft und die Rotationsaxe geht, senkrechten oder annähernd senkrechten Richtung. Nach welcher Seite von dieser Ebene die Bewegung aber stattfindet, ist für die folgenden Betrachtungen besonders wichtig.

Denkt man sich in der Verlängerung der Rotationsaxe über die Basis hinaus einen Beobachter, der den Körper wie den Zeiger einer Uhr, oder nach rechts rotiren sieht, und wirkt die Kraft an dem von diesem Beobachter abgewandten Ende der Axe, d. i, an der Spitze des Körpers *L*, so bewegt sich diese Spitze, wenn die Kraft von unten nach oben wirkt, nach der Rechten jenes Beobachters; wirkt hingegen die Kraft von oben nach unten, so bewegt sich die Spitze nach der Linken. Ist die Kraft an dem andern, dem Beobachter zugewandten Ende, d. i. in der Nähe der Basis wirksam, so bewegt sich jenes abgewandte Ende, oder die Spitze, wenn die Kraft von unten nach oben wirkt, nach links: wirkt sie aber von oben nach unten, so bewegt sie

sich nach der Rechten des Beobachters. Findet die Rotation des Körpers in entgegengesetzter Richtung statt, also der des Zeigers der Uhr entgegen oder nach links, so bewegt sich auch das abgewandte Ende der Axe in allen angeführten Fällen entgegengesetzt.

Stellt man sich statt des aufgehängten Körpers ein längliches Geschofs von der vorher beschriebenen Art vor, welches während seiner fortschreitenden Bewegung um seine Axe rotirt, und betrachtet die Wirkung, welche der Widerstand der Luft auf ein solches ausübt, so ist leicht einzusehen, dafs die Resultante des Drucks, welchen dieser Widerstand hervorbringt, zwar durch die Axe, aber, bei der vorausgesetzten Gestalt des Körpers, im Allgemeinen nicht durch den Schwerpunkt geht. Es bildet deshalb der Widerstand der Luft eine Kraft, durch welche die Spitze des Geschosses sich seitwärts bewegen und einen Kegel beschreiben mufs. Ob diese Bewegung der Spitze nach rechts oder nach links stattfindet, hängt, wie so eben gesagt worden, davon ab, ob die Resultante des Widerstandes oberhalb oder unterhalb des Schwerpunktes gegen die Axe wirkt, vorausgesetzt, dafs die Rotation in beiden Fällen in demselben Sinne geschieht.

Aus den vorher angeführten Beobachtungen der mit geringer Ladung abgefeuerten Geschosse geht hervor, dafs die Axe derselben sich der Richtung der Tangente nähert, dafs folglich die Lage der Spitze sich gegen die Lage des Schwerpunktes während des Fluges senkt. Hieraus scheint zunächst zu folgen, dafs die Resultante des Widerstandes durch den unter oder hinter dem Schwerpunkt liegenden Theil der Axe geht. Wäre diefs aber der Fall, so würde die Spitze eines nach rechts sich drehenden Geschosses nach der Linken des hinter demselben stehenden Beobachters abweichen, und dann würde auch der Schwerpunkt des Geschosses nach dieser Seite hinüber gedrückt werden, also eine Seitenabweichung entstehen, die der beobachteten gerade entgegengesetzt ist.

Ich gestehe, dafs dieser Widerspruch mit der Erfahrung

mich während längerer Zeit veranlafst hat, eine andere Erklärung von der Abweichung der länglichen Geschosse zu suchen, bis die in dem Folgenden beschriebenen Versuche mich belehrten, dafs der Widerspruch nur scheinbar, und die Voraussetzung, die Resultante des Widerstandes schneide die Axe des Geschosses unterhalb des Schwerpunktes, unrichtig ist. Es kann sich nämlich die Spitze des Geschosses auch senken, selbst wenn die Resultante des Widerstandes gegen den oberhalb des Schwerpunktes liegenden Theil der Axe von unten nach oben drückt. Zwar wird dann die Spitze zunächst gehoben, allein, bei hinreichender Rotationsgeschwindigkeit des Geschosses, ist diese Hebung kaum merklich, und es tritt statt ihrer eine Bewegung der Spitze nach rechts ein.

Sobald aber diese Bewegung angefangen hat, so ist die Ebene, welche durch die Richtung des Widerstandes, d. i. die Tangente der Flugbahn, und durch die Axe des Geschosses geht, nicht mehr vertical, und mit zunehmender Abweichung der Spitze nimmt die Neigung dieser Ebene gegen den Horizont immer mehr zu. Da nun, wie bereits oben erwähnt, die Spitze stets senkrecht oder annähernd senkrecht gegen diese Ebene sich bewegt, so ergiebt sich aus dem, was oben über die Richtung dieser Bewegung angeführt worden, dafs die Spitze sich senken mufs.

Dieses Senken der Spitze kann sogar soweit sich erstrecken, dafs sie unter der durch den Schwerpunkt gehenden Tangente zu liegen kommt. Alsdann wirkt der, der Tangente parallele Widerstand der Luft von oben nach unten gegen die Spitze (oben und unten bezogen auf den vorher erwähnten Beobachter) und dadurch nimmt die seitliche Bewegung der Spitze die entgegengesetzte Richtung an. Während des Fluges des Geschosses ist, bei der kurzen Dauer desselben, eine so starke Neigung der Spitze nicht zu erwarten, allein für die folgenden Versuche ist es beachtenswerth, dafs, wenn eine solche eintritt, die Spitze sich nach der entgegengesetzten Seite bewegen mufs.

Um zu ermitteln, ob die Resultante des Widerstandes

der Luft durch den vor oder durch den hinter dem Schwerpunkte liegenden Theil der Axe geht, wurden folgende Versuche angestellt. Gegen den oben beschriebenen, in drei Ringen aufgehängten Körper *L* Taf. I, Fig. 6 wurde ein Luftstrom geleitet, der in seinem ganzen Querschnitt gleich stark, und von solcher Ausdehnung war, dafs sich der Körper, welche Lage er auch annehmen mochte, ganz in demselben befand.

Zur Hervorbringung dieses Luftstroms diente ein starker Blasebalg, durch den die Luft zunächst in eine sogenannte Windlade geprefst wurde. Diese bestand aus einem Kasten, der 1 Fufs hoch und ebenso lang und breit war, und eine viereckige Oeffnung von 3 Zoll im Quadrat hatte. So grofs mufste sie sein, damit der Körper bei jeder Lage sich ganz in demselben befand. Da aber die durch den Blasebalg zugeführte Luft nicht genügend war, um einen gleichförmigen und hinreichend starken Strom von solchem Querschnitt zu erzeugen, so wurde vor diese Oeffnung ein Blech mit 484 feinen Löchern angebracht, die alle gleich weit von einander entfernt waren, und genau denselben Durchmesser von 1^{mm} hatten. Dadurch erhielt man zwar nicht e i n e n, sondern statt dessen 484 parallele, dünne Luftströme von gleicher Stärke, diese konnten indefs bei ihrem geringen Abstande von einander als ein einziger Luftstrom betrachtet werden, mindestens war ihre Wirkung auf den Körper *L* als ganz gleich mit der eines einzigen Luftstromes anzusehen.

Wurde nun der Apparat Fig. 6 Taf. I, so aufgestellt, dafs der horizontale Luftstrom gegen den Körper *L* wirkte, während dieser nicht rotirte, seine Axe aber sich in der, durch die Mitte des Luftstroms gelegten verticalen Ebene befand, und einen kleinen Winkel mit dem Horizont machte, so wurde die Spitze, wenn sie über der durch den Schwerpunkt gehenden Horizontalebene lag, gehoben, lag sie aber unter derselben, so senkte sie sich.

Hieraus ergiebt sich, dafs die Resultante des Drucks, welchen der Luftstrom gegen diesen Körper ausübte, durch

den vor dem Schwerpunkt liegenden d. i. der Spitze zugewandten Theil der Axe ging.

Aehnlich wie dieser Luftstrom gegen den zugespitzten Körper, wirkt der Widerstand der Luft gegen ein längliches Geschofs. Es geht auch hier, wenn der Schwerpunkt, wie bei dem Körper *L*, in der Mitte der Länge sich befindet, die Resultante des Widerstandes durch den vor dem Schwerpunkt liegenden, d. i. der Spitze zugewandten Theil der Axe; und es findet diefs ohne Zweifel auch statt, wenn der Schwerpunkt nicht zu weit von der Mitte der Axe entfernt ist.

Die Hebung der Spitze des Körpers *L* und folglich auch die der länglichen Geschosse wird nur durch ihre zugespitzte Form bedingt, denn wurde der Körper *L* aus den Ringen herausgenommen, und statt seiner ein Cylinder von gleichem Durchmesser und gleicher Höhe, der aber an beiden Enden durch gegen seine Axe senkrechte Ebenen begränzt war, in denselben Ringen angebracht, und dieser Cylinder in ähnlicher Weise wie der zugespitzte Körper dem Luftstrome ausgesetzt, indem seine Axe einen gleichen Winkel mit der horizontalen Richtung des Luftstromes machte, so nahm diese Axe stets die horizontale Lage an. Es senkte sich also bei dem Cylinder der dem ankommenden Luftstrom zugewandte Theil, während sich derselbe bei dem zugespitzten Körper hob, woraus hervorgeht, dafs die Hebung bei dem letzteren nur von seiner zugespitzten Form herrührte.

Hierauf wurde der zugespitzte Körper in seinen Ringen dem horizontalen Luftstrom ausgesetzt, während er rotirte. Befand sich dabei seine Axe, wie vorher, in der durch die Mitte des Luftstroms gehenden verticalen Ebene, und war die Spitze etwas über der durch den Schwerpunkt gehenden Horizontalebene erhaben, so bewegte sie sich langsam seitwärts, anfangs in fast horizontaler Richtung, bald aber begann sie sich zu neigen. Rotirte der Körper nach rechts, so war auch die seitliche Bewegung der Spitze nach rechts, und rotirte derselbe nach links, so war auch

die Bewegung der Spitze nach dieser Seite. Hielt die Rotation so lange an, dafs die Spitze bis unter die Horizontalebene sich senkte, so nahm dann die seitliche Abweichung der Spitze allmälig wieder ab. Sie bewegte sich also ganz so, wie es, nach dem was vorher angeführt worden, nothwendig geschehen mufs, wenn die Resultante des Widerstandes durch den oberhalb des Schwerpunktes d. i. zwischen dem Schwerpunkt und der Spitze liegenden Theil der Axe geht.

Aus diesen Versuchen folgt, dafs die Abweichung der länglichen Geschosse dadurch entsteht, dafs der Widerstand der Luft die Spitze derselben zu heben sucht. Die hierdurch in der That erfolgende Hebung ist indefs kaum bemerkbar, denn durch die Rotation setzen sich die auf die Masse des Geschosses einwirkenden Kräfte so zusammen, dafs die Spitze statt sich zu heben, sich zur Seite bewegt, und zwar bei den rechts rotirenden Geschossen nach rechts. In Folge hiervon drückt der Widerstand der Luft auch den Schwerpunkt des Geschosses nach dieser Seite, und bringt so die Abweichung hervor. Zu gleicher Zeit senkt sich die Spitze, und dadurch hat es den Anschein, als ob der Druck der Luft gegen den hintern Theil des Geschosses gröfser als gegen den vorderen wäre, während er in der That gegen den vorderen Theil gröfser als gegen den hinter dem Schwerpunkt liegenden ist.

Hierdurch ist, wie ich glaube, die Ursache der Abweichung bei den länglichen Geschossen vollständig nachgewiesen, und damit die ganze, seit so langer Zeit unklare Erscheinung der Abweichung, sowohl der kugelförmigen als auch der länglichen Geschosse, vollkommen erklärt.

Ueber eine auffallende Erscheinung bei rotirenden Körpern.

Bei den so eben beschriebenen Versuchen hatte ich Gelegenheit eine Erscheinung zu beobachten, die, wiewohl sie sich als unmittelbare Folge aus den oben erwähnten Sätzen von der Bewegung rotirender Körper ergiebt, doch hier

noch besonders beschrieben zu werden verdient, theils weil sie, wie ich glaube, wenig bekannt ist, theils weil sie besonders geeignet sein möchte die Vorgänge anschaulich zu machen, welche eintreten, wenn Kräfte auf einen rotirenden Körper einwirken, deren Resultante zwar durch die Drehungsaxe, aber nicht durch den Schwerpunkt geht.

Läfst man nämlich den Körper *L* in dem in Fig. 6, Taf. I abgebildeten Apparat um seine Axe rotiren, so ist, wie bekannt, eine ziemlich bedeutende Kraft erforderlich, um diese Axe oder einen der beiden inneren Ringe aus ihrer Lage zu entfernen. Hält man dann aber den mittlern Ring *AB*, in dem die Spitzen *c* und *d*, welche den innern Ring halten, angebracht sind, mit der Hand fest, so ist die Axe *ab* des rotirenden Körpers und mit ihr der Ring *EF* ganz leicht beweglich.

Versucht man daher einen solchen Apparat nur mit zwei Ringen zu construiren, deren äufserer fest steht, so nimmt die Axe, die sich dann nur in einer Ebene bewegen kann, keine feste Lage an, man mag den Körper so schnell rotiren lassen als man will. Die geringste Kraft reicht schon hin, ihn in eine andere Lage zu bringen.

Man pflegt gewöhnlich die unveränderliche Richtung der Axe eines Körpers dadurch zu erklären, dafs eine bedeutende Kraft erforderlich sei, um jeden einzelnen Punkt desselben aus der Ebene zu entfernen, in welcher er rotirt. Die oben angeführten Versuche zeigen aber, dafs diese Erklärung ungenügend ist.

Um diese auffallende Erscheinung noch in einer andern Beziehung anschaulich zu machen, habe ich den in Fig. 7, Taf. I abgebildeten Apparat ausführen lassen.

Derselbe besteht aus einer Axe von Eisen, die 9 Zoll lang ist, und an jedem Ende eine kreisrunde Scheibe von Messing trägt, welche 4 Zoll im Durchmesser hat, und 0,2 Zoll dick ist. Jede dieser Scheiben *E* und *F* ist mit einer kleinen Rolle versehen, um die sich ein seidener Faden wickeln läfst. Indem dieser schnell abgezogen wird, kann jede Rolle für sich in Rotation versetzt werden. Durch

den Schwerpunkt dieser ganzen Vorrichtung ist senkrecht gegen die Axe ein Stift *CD* befestigt, der durch die Oeffnungen *C* und *D* des Bügels *CDG* geht. Hierdurch ist *AB* wie der Balken einer Waage in diesem Bügel beweglich. Der Bügel selbst hängt bei *G* an einem Faden, um welchen das ganze System sich leicht drehen kann. Dadurch ist es möglich, die Axe *AB* in jede beliebige Lage zu bringen.

Setzt man eine von den beiden Scheiben *E* oder *F* in Rotation, so beharrt die Axe *AB* in der Lage, in die man sie gebracht hat, und es ist eine ziemlich bedeutende Kraft erforderlich, um sie aus derselben zu entfernen. Dasselbe findet in noch stärkerem Maafse statt, wenn beide Scheiben gleichzeitig in demselben Sinne rotiren. Hält man dann aber den Bügel *CDG* mit der Hand fest, so ist sogleich die Axe leicht beweglich, und es ist höchst überraschend, wie die Beweglichkeit derselben sich ändert, je nachdem man diesen Bügel anfafst oder losläfst. Dies Verhalten ist dem so eben beschriebenen des Apparates mit den 3 Ringen ganz ähnlich.

Rotirt aber die eine von den beiden Scheiben nach rechts, während die andere nach links rotirt (diese Richtungen bezogen auf einen Beobachter, der sich an dem einen Ende der Axe *AB* befindet), so ist auch, wenn der Bügel *CDG* ganz frei gelassen wird, die Axe *AB* leicht beweglich, wenigstens so lange als beide Scheiben mit gleicher Geschwindigkeit rotiren. Werden ihre Geschwindigkeiten ungleich, so wird auch die Axe weniger leicht beweglich, und je gröfser der Unterschied der Geschwindigkeiten wird, um so mehr nimmt auch die Unveränderlichkeit der Axe zu.

Wenn auf einen Rotationskörper, dessen Axe nach allen Richtungen ganz frei beweglich ist, und der mit grofser Geschwindigkeit um diese Axe rotirt, eine Kraft einwirkt, welche nicht durch den Schwerpunkt aber durch die Axe geht, und diese nimmt, wie oben erwähnt, eine seitliche Bewegung an, so ist die Geschwindigkeit dieser letzteren Bewegung stets nur sehr gering, nicht nur relativ zu der

Rotationsgeschwindigkeit, sondern auch zu der Bewegung, in welche die Axe versetzt worden wäre, wenn dieselbe Kraft eingewirkt hätte, ohne dafs der Körper rotirte. Deshalb glaubt man, die Axe beharre unveränderlich in ihrer Lage.

Eine Bewegung der Axe erfolgt bei jeder Einwirkung einer Kraft, die durch diese Axe aber nicht durch den Schwerpunkt geht, nur ist diese Bewegung, wenn der Körper sehr schnell rotirt, aufserordentlich gering, und deshalb ist die Axe anscheinend fest.

Wie diese Festigkeit der Axe mit der seitlichen Bewegung derselben zusammenhängt, geht besonders aus dem eben beschriebenen Versuch mit dem in Fig. 7, Taf. I abgebildeten Apparat hervor. Rotiren nämlich zwei gleiche Massen auf derselben Axe mit gleicher Geschwindigkeit, aber in entgegengesetztem Sinne, so wird durch Einwirkung einer Kraft, welche nicht durch den Schwerpunkt dieses Systems geht, die Axe nach zwei einander entgegengesetzten Richtungen gleich stark bewegt, es kann deshalb gar keine seitliche Bewegung stattfinden, und die Axe verhält sich gerade so, wie wenn durch eine mechanische Vorrichtung dafür gesorgt wäre, dafs sie sich nur in einer Ebene um ihren Schwerpunkt bewegen könnte. Ist aber die Rotationsgeschwindigkeit der beiden Massen nicht gleich, so sind auch die einander entgegengesetzten seitlichen Bewegungen der Axe verschieden, sie bewegt sich daher nach einer Seite. Aber die Festigkeit ihrer Lage ist dann um so geringer, je geringer die Differenz der beiden seitlichen Bewegungen ist.

Der scheinbare Widerspruch, der darin liegt, dafs die Axe eines rotirenden Körpers, wenn sie ganz frei ist, fest zu sein scheint, dagegen wenn sie sich nur in einer Ebene bewegen kann, leicht beweglich ist, giebt den eben erwähnten Versuchen etwas sehr überraschendes. Zugleich wird durch dieselben der Einflufs klar, welchen die freie Axe nicht nur auf die länglichen Geschosse, sondern über-

haupt auf rotirende Körper, sowohl die Himmelskörper, als auch die mit fortschreitender Bewegung auf der Erde rotirenden Körper ausübt.

II. *Zur Theorie des Sehens; von Dr. Fliedner in Hanau.*

In einem früheren Aufsatz im Band 85, Heft 3, dieser Annalen, habe ich

a) auf die Strahlenform der Sterne und überhaupt heller oder dunkler Punkte, welche auf dunklerem oder hellerem Grunde projicirt erscheinen, aufmerksam gemacht (No. 1 bis 5), sowie den Zusammenhang dieser Strahlenform mit den »*Zerstreuungsfransen*« nachgewiesen, womit die meisten Augen die auf hellerem oder dunklerem Grunde projicirten Gegenstände umgeben sehen (No. 6 bis 9),

b) gewisse Erscheinungen beschrieben und durch Zeichnungen erläutert, welche darin ihren Grund haben, dafs das Netzhautbild eines jenseits oder diesseits der deutlichen Sehweite befindlichen Gegenstandes nicht genau mit dem Schatten, den er im Auge wirft, zusammenfällt (No. 10 bis 16), und daraus ein Mittel abgeleitet, das Vorhandensein einer Zerstreuungsfranse der Ferne oder der Nähe leichter zu erkennen und sie von einander zu unterscheiden (No. 17 u. 18),

c) mittelst der »*Durchmesserscheibe*« nachgewiesen, dafs jedes Auge in einem bestimmten Querschnitt eine kürzere, in dem darauf senkrechten eine gröfsere Brennweite hat, als in den übrigen Querschnitten[1]), und

1) In No. 24, Zeile 6, jenes Aufsatzes hätte ich besser gesagt: Indem sie nämlich zeigt, dafs das Auge in einem Theil seiner Querschnitte eine kürzere, im andern eine längere Brennweite hat, als u. s. w. und das

dafs daher die von einem leuchtenden Punkt ins Auge fallenden Lichtstrahlen niemals in einem einzigen Punkte zusammentreffen, sondern nur innerhalb einer »*Brennstrecke,*« welche, je nach der Entfernung des leuchtenden Punktes, die Netzhaut mit ihren Endpunkten trifft, oder sie durchschneidet, oder ganz vor oder hinter sie fällt (No. 19 bis 22).

d) Ferner habe ich angedeutet, dafs die sogenannten Irradiationserscheinungen auf der Lichtzerstreuung beruhen, die theils von dem mangelhaften Adaptionsvermögen, theils von der eben erwähnten Beschaffenheit der Augen herrühren, sowie

e) auf die Brauchbarkeit der Durchmesserscheibe für ein *Optometer* aufmerksam gemacht.

Ich beabsichtige nun, noch einige hierher gehörige Thatsachen und besonders die dabei auftretenden Farbenerscheinungen zu besprechen.

26)[1]) Schon früher habe ich angeführt, dafs nach meiner Erfahrung die meisten Augen für verticale Linien am kurzsichtigsten, für horizontale am weitsichtigsten sind, oder, was nach der in No. 20 aufgestellten Theorie dasselbe ist, dafs sie in ihrem horizontalen Querschnitt die kürzeste, in ihrem verticalen die längste Brennweite haben. Es ist bemerkenswerth, dafs hiermit die Beschaffenheit der von Hassenfratz[2]) untersuchten Krystall-Linsen vollkommen übereinstimmt; denn in diesen waren die verticalen Axen länger als die horizontalen, woraus man schliefsen mufs,

Entsprechende auch in den Zeilen 12 und 13, was ich zu verbessern bitte. Auch bitte ich, die in No. 20, II und in No. 21 in Parenthese stehenden Sätze, die nicht für den Druck bestimmt waren, zu streichen.

1) Um der einfachen Zurückweisung willen schliefse ich die Numerirung der folgenden Paragraphen an die des früheren Aufsatzes an, indem ich zugleich den Zusatz auf Seite 460 des angegebenen Heftes als No. 25 annehme.

2) *Annales de chimie. Tome* 72, *p.* 5 *etc.* Spätere Beobachter haben, wie es scheint, *diese* Dimensionen nicht besonders beachtet.

dafs die Halbmesser der verticalen Krümmungen ihrer Oberflächen gröfser waren als die der horizontalen.

Hieraus könnte man, der erwähnten Theorie zufolge, weiter zu schliefsen geneigt seyn, die meisten Augen müfsten in *allen* Entfernungen, die jenseits der deutlichen Sehweite liegen, verticale Linien breiter und weniger intensiv sehen, als horizontale.

Dem widerspricht aber eine *zweite* Erfahrung, nämlich die, dafs die Bilder solcher Punkte, welche jenseits des Fernpunktes [1]) des deutlichen Sehens liegen, in den meisten Augen eine gröfsere Erstreckung in verticaler als in horizontaler Richtung haben, dafs die meisten also horizontale Streifen breiter sehen, als verticale. Wenn man nämlich zwei gleich breite Streifen weifsen Papiers auf einer schwarzen oder nur dunkelern Fläche so anbringt, dafs der eine horizontal, der andere, jenen durchkreuzend, vertical ist, so sehen die meisten Augen in gröfserer Entfernung den horizontalen Streifen auffallend breiter, als den verticalen. Es versteht sich von selbst, dafs die Axe des beobachtenden Auges nach der Mitte der beiden Streifen und senkrecht auf die Ebene derselben gerichtet sein mufs, weil im andern Falle nur schmälere Projectionen der Streifen gesehen werden würden [2]).

1) Ich nenne *Nahepunkt* des deutlichen Sehens denjenigen Ort, in welchem sich meine Durchmesserscheibe befindet, wenn bei ihrem Fortrücken vom Auge weg der *erste* Durchmesser scharf hervorgetreten ist (siehe No. 19), *Fernpunkt* denjenigen, in welchem der auf dem ersten senkrechte Durchmesser zuletzt deutlich und ohne Fransen gesehen wird, *mittleren Deutlichkeitspunkt* denjenigen, in welchem alle Durchmesser von gleicher Intensität erscheinen. Die Entfernung zwischen Nahepunkt und Fernpunkt nenne ich *deutliche Sehstrecke*, diejenige vom Auge bis zum mittleren Deutlichkeitspunkt *deutliche Sehweite*.

2) Bei einem ganz ähnlichen schwarzen Kreuz auf weifsem Grunde sind oft dieselben Personen, die das weifse Kreuz in der oben angegebenen Weise sehen, zweifelhaft, ob der horizontale oder der verticale Streifen breiter sey als der andere, d. h. sie sind ungewifs, ob sie die graue Zerstreuungsfranse als zum Weifsen oder zum Schwarzen gehörig ansehen sollen; denn wenn man bei der Betrachtung der beiden Kreuze die grauen Zerstreuungsfransen in beiden Fällen als zum Kreuze selbst

27) Zur Lösung des Widerspruchs, der in diesen beiden Erfahrungen zu liegen scheint, erinnere ich zunächst daran, dafs sich die erste derselben nur auf Entfernungen bis zum Fernpunkt der deutlichen Sehstrecke bezieht (wie alles über die Durchmesserscheibe gesagte), die zweite auf solche, die über den Fernpunkt hinausgehen.

Die der ersten Erfahrung entsprechende Ungleichheit des Sehens kann möglicherweise schon in der Beschaffenheit der Krystall-Linse ihren Grund haben; sie kann aber auch ebenso wie die der zweiten entsprechende, eine Folge der Krümmung der Fernen seyn. Sey dem übrigens, wie ihm wolle, so läfst sich doch vielleicht der Uebergang aus der ersten Ungleichheit des Sehens in die zweite auf folgende Weise erklären:

Es wird heutiges Tags als das Wahrscheinlichste angenommen, dafs der Vorgang der Adaption auf nähere Objecte hauptsächlich auf dem Zurückweichen der Netzhaut und dem Vorrücken der Linse, also auf einer Verlängerung der Axe des Glaskörpers beruhe [1]. »Diese Verlängerung wird durch eine auf den aequatorialen Umfang des Augapfels ausgeübte Zusammendrückung hervorgebracht, welche beide schiefe Muskeln im Verein mit den beiden geraden *M. internus* u. *M. externus* mittelst gleichzeitiger Zusammenziehung bewirken.« [2]) Durch diese Zusammenziehung wird nun wahrscheinlich die Cornea in ihrem horizontalen Durchschnitt etwas convexer und die gröfsere Kurzsichtigkeit der meisten Augen für verticale, als für horizontale Linien innerhalb der deutlichen Sehstrecke liefse sich dann schon allein daraus und ohne Berücksichtigung der eben erwähnten Beschaffenheit der Linsen erklären. Bei der Adaption

betrachtet, wird das Urtheil in beiden Fällen dasselbe seyn, nämlich das oben angegebene. Vergl. übrigens die Bemerkung zu No. 35.

1) Das Vorhandenseyn der Brennstrecke trägt allerdings gleichfalls zur Accomodation bei, aber, wie ich in der Nachschrift zur ersten Abhandlung (Bd. 85, Seite 460) gezeigt habe, nur wenig.

2) Listing in Wagners Handwörterbuch der Physiologie, 4ter Band, S. 501.

Adaption in die Ferne läfst nun aber die seitliche Zusammendrückung des Bulbus nach, und daher wird der horizontale Durchschnitt der Cornea weniger convex. Nimmt man nun noch an, dafs eine Anspannung des obern und des untern geraden Muskels beim Sehen in die Ferne den verticalen Durchschnitt der Cornea etwas convexer mache, so ist die Erscheinung erklärt. Mittelst einer Durchmesserscheibe oder eines leuchtenden Punktes überzeugt man sich leicht, wie gering ein Druck auf den Bulbus zu seyn braucht, um schon eine merkliche Wirkung in jenem Sinn hervorzubringen.

28) Aus dem Vorhergehenden (No. 1 bis 27) erklären sich alle Erscheinungen, die man als *Irradiationserscheinungen* zu bezeichnen pflegt. Um diese zu verstehen, mufs man sich vor Allem mit den Zerstreuungsbildern bekannt machen, die ein leuchtender Punkt ins Auge wirft, wenn er sich diesseits und jenseits der deutlichen Sehweite, sowie jenseits des Fernpunktes befindet. Berücksichtigt man dann, in welcher dieser Entfernungen vom Auge das Object sich befindet, dessen Irradiation man beobachtet, so wird man die sich darbietende Erscheinung immer leicht auf die Zerstreuungsform eines Punktes zurückführen können. Bringt man neben dem Irradiationsobject einen hellleuchtenden Punkt auf schwarzer Scheibe an, was einfach auf die in No. 2 beschriebene Weise geschehen kann, so wird die Vergleichung dadurch erleichtert.

29) Die bis jetzt herrschende, in fast alle unsere Lehrbücher der Physik und Physiologie aufgenommene, und hauptsächlich auf die Arbeiten Plateau's [1]) sich stützende Ansicht über die Irradiationserscheinungen leitet diese davon ab, »dafs der Eindruck von einem leuchtenden Gegenstand sich auf der Netzhaut ein wenig über die Gränzen des geradezu vom Licht des Gegenstandes getroffenen Raumes ausbreitet.« [2])

1) Ueber die Irradiation. Diese Annalen Ergänzungsbd. vom Jahr 1842. Stück 1, 2 u. 3.

2) S. 193 des erwähnten Bandes.

Man kann sich nur wundern, wie ein so gelehrter und scharfsinniger Physiker an dieser Ansicht festhalten konnte, angesichts der Thatsachen, die ihm das Verhalten der Linsengläser darbot.[1]) Zum Theil freilich erklärt es sich daraus, dafs er die Irradiation naher Objecte von derjenigen ferner gar nicht unterschieden hat. Eine Folge davon ist, dafs er z. B. sein 12tes Gesetz:[2]) »Die Irradiation wird abgeändert, wenn man eine Linse vor das Auge bringt. Sie wird *verringert* durch convergirende Linsen und *erhöht* durch divergirende,« als ein allgemeines giebt, während es, wie man sich jeden Augenblick überzeugen kann, nur für die Irradiation *naher* Objecte gilt, und für diejenige *ferner* nur durch Vertauschung der hervorgehobenen Worte richtig wird. Ja! das Gesetz, wie es Plateau giebt, ist in *seinem* Sinne ganz falsch; denn alle seine Beobachtungen hat er nur mit jenseits oder in der deutlichen Sehweite befindlichen Gegenständen angestellt, mit Ausnahme derer, wobei er Linsengläser gebrauchte, und wie aus seiner ganzen Darstellung hervorgeht, bezieht er auch das angeführte Gesetz, das er doch aus der Beobachtung dicht vor dem Auge befindlicher Objecte hergeleitet hatte, schlechthin auf die Irradiation *ferner* Gegenstände.

Derselbe Mangel an Unterscheidung der Entfernungen tritt auch bei dem dritten Gesetz hervor. Dieses Gesetz: »Der Gesichtswinkel, der sie (die Irradiation) umspannt und der sie mifst, ist unabhängig von der Entfernung des Gegenstandes«, scheint (mit einiger Modification) für Entfernungen jenseits der deutlichen Sehweite richtig zu seyn; für Entfernungen diesseits derselben ist es offenbar unrichtig, denn die scheinbare Breite der Irradiation nimmt im letzteren Falle nicht *ab*, was doch stattfinden müfste, wenn jenes Gesetz richtig wäre, sondern im Gegentheil *zu*.

Einen weitern directen Beweis gegen die Richtigkeit dieser Ansicht geben die in No. 11 bis 17 von mir beschrie-

1) Seite 430 u. s. w.
2) Seite 441.

benen Erscheinungen. In der That ist nicht einzusehen, wie die Irradiationsränder auf die dort angegebene Weise bald verschwinden, bald schärfer hervortreten könnten, wenn sie durch seitliche Fortpflanzung des Lichteindrucks auf der Netzhaut veranlafst würden.

30) Diese wenigen Andeutungen dürften genügen, um die Unhaltbarkeit der bis jetzt herrschenden Ansicht über die Ursache der Irradiation darzuthun. Dagegen erklären sich alle hierher gehörigen Erscheinungen sehr einfach, wenn man die Zerstreuung des Lichts im Auge, wie sie im Vorhergehenden dargethan worden ist, als Ursache annimmt. Diese Ansicht ist zum Theil schon von Kepler aufgestellt worden, und das Einzige, was Plateau gegen die Zulässigkeit derselben anführt, ist Folgendes:[1]) »Diese Theorie scheint, wie man sieht, sehr annehmlich, ist auch seitdem mehr als einmal aufgefrischt worden. *Indefs nimmt man gegenwärtig allgemein an, dafs es keine Gränze der Entfernung gebe, jenseits welcher ein normal gebildetes Auge nicht den Brennpunkt von Lichtpinseln auf die Netzhaut bringen könnte.* Ueberdiefs, wie ich weiterhin zeigen werde, offenbart sich die Irradiation eben so gut selbst in der Entfernung, in welche Jeder einen Gegenstand versetzt, z. B. ein Buch hält, um ihn bei natürlichem Zustand der Augen deutlich zu sehen. Ich habe nicht nöthig, hier zu bemerken, dafs das Phänomen der Irradiation keineswegs gewissen Augen eigen ist, wie Kepler glaubte; das ist eine Meinung, die Niemand wieder aufgestellt hat, und die auch den Thatsachen widerspricht; nur ist, wie ich mich überzeugt habe, die Intensität der Erscheinung mehr oder weniger grofs in verschiedenen Augen, sogar veränderlich bei einer und derselben Person.«

Der von mir hervorgehobene zweite Satz dürfte wohl durch die neuen Thatsachen, die ich beigebracht habe, widerlegt seyn; auch widerspricht ihm im Sinne *meiner* Theorie der letzte geradezu. Die beiden letzten Sätze acceptire

1) Seite 83.

ich aber gern, weil sie meine Theorie des Sehens bestätigen, und daher entschieden auch hier für meine Ansicht sprechen.

Einige Zeilen weiter fährt dann Plateau fort:

»Zur Zeit, da Kepler das in der Anmerkung genannte Werk schrieb, lehrte man über die Verrichtung der verschiedenen Theile des Auges und über den Gang der Strahlen in demselben nur die gröbsten Irrthümer. Es ist in demselben Werk, wo dieser grofse Mann mit einem Male alle diese Ungereimtheiten über den Haufen warf und die wahren Grundsätze der Theorie des Sehens aufstellte. Wenn er sich bei der Irradiation irrte, so geschah es, weil er die Eigenschaft eines wohlgebildeten Auges, sich den verschiedenen Entfernungen der Gegenstände anzubequemen, nicht deutlich kannte; man begreift diefs leicht: seine eigenen Augen waren schlecht, und ferne Gegenstände schienen ihm vervielfacht. Obwohl heute unzulässig, kann dennoch die Erklärung, die er von der Irradiation giebt, als ein neuer Zug seines Genies angesehen werden.«

Ueber die Ursache dieses Vielfachsehens ferner Gegenstände von Seiten Kepler's schweigt Plateau. Die Frage, ob nicht dieses Vielfachsehen, mit dem, was Plateau bei nicht kurzsichtigen Augen Irradiation nennt, qualitativ zusammenfalle und nur quantitativ von ihm verschieden sey, lag wohl zu nahe, als dafs er sie nicht gestellt haben sollte. Indessen um einer Annahme willen, die durch nichts gerechtfertigt wird, und auf Grund einer Thatsache, die nichts entscheidet, wie ich vorhin nachgewiesen habe, ist die Antwort verneinend ausgefallen.

31) Ich gehe nun zu den Farben über, welche die bisher in Betrachtung gezogenen Erscheinungen begleiten. Vorher aber will ich bemerken, dafs die Irradiationserscheinungen an der Gränze beliebig verschieden gefärbter Flächen denen an einer schwarzen und weifsen Fläche ganz ähnlich sind, dafs die betreffende Franse die Mittelfarbe zeigt, aber natürlich nur dann deutlich genug hervortritt, wenn die Helligkeit der beiden Farben hinreichend verschieden ist.

32) Ein feines Loch [1]) in einem geschwärzten zwischen dem Nahepunkt und dem mittleren Deutlichkeitspunkt befindlichen, und gegen den weißbewölkten Himmel gerichteten Kartenblatt sehe ich mit meinem linken Auge, wie schon erwähnt, in einer länglichen von links unten nach rechts oben gestreckten Zerstreuungsform. *Bringe ich ein rothes Glas vors Auge, so bleibt die Längenerstreckung dieselbe, die Breite aber nimmt ab; sehe ich dagegen durch ein blaues Glas, so bleibt die Breite dieselbe und die Länge nimmt ab.*

Diese Fundamental-Erscheinung, die ich deutlich wahrnehme, erklärt sich so:

Die Längenerstreckung des Punktbildes rührt (nach No. 20 u. 21) davon her, daſs die Brennstrecke des leuchtenden Punktes, der Entfernung desselben gemäſs, gröſstentheils hinter der Netzhaut liegt, also die nach dem vordern Ende der Brennstrecke convergirenden Lichtstrahlen ziemlich concentrirt, dagegen die nach dem hinteren Ende convergirenden mehr zerstreut auf die Netzhaut fallen. Die gekrümmten Medien des Auges *brechen* aber das einfallende Licht nicht nur, sondern *zerlegen* es auch in farbige Strahlen, wovon die rothen und gelben am wenigsten, die blauen und violetten am meisten von der Richtung des einfallenden Lichtstrahls abgelenkt werden. In demjenigen Durchschnitt meines linken Auges, in welchem dasselbe seine längste Brennweite hat und der von links unten nach rechts oben geht, entsteht also auf der Netzhaut eine längere Zerstreuungslinie der Nähe, in deren Mitte Blau und in deren beiden Enden Roth vorherrscht, dagegen in dem darauf senkrechten Durchschnitt mit der kürzesten Brennweite eine sehr kurze Zerstreuungslinie der Ferne mit umgekehrter Färbung. Daraus ergiebt sich dann die obige Erscheinung.

33) Der folgende aus dem Vorhergehenden sich erklärende Versuch wird vielleicht manchen Augen besser, als dieser, gelingen:

2) Von einer sehr feinen Nähnadel gestochen, eine Stecknadel ist schon zu stark.

Bringe ich eine schwarze Scheibe mit weifsen Durchmessern von ungefähr $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{10}$ Linie Breite, in derselben Entfernung wie jenen leuchtenden Punkt in der ersten Lage, vor mein linkes Auge, so erkenne ich die von links oben nach rechts unten laufenden Durchmesser als bläulich mit rothgelben Rändern, die darauf senkrechten als weifs. Würde ich aber auch die Färbung nicht deutlich unterscheiden können, so würde ich doch aus dem Verhalten des blauen und des rothen Glases auf sie schliefsen können. Bei Vorhaltung eines rothen Glases behalten die erstgenannten Durchmesser ihre Breite, durch ein blaues Glas besehen erscheinen sie schmäler.

Die umgekehrten Erscheinungen gewahre ich, wenn ich den leuchtenden Punkt oder die Durchmesserscheibe bis etwas jenseits des mittleren Deutlichkeitspunktes entferne, und ganz entsprechend sind auch diejenigen meines rechten Auges.

34) Bringt man die erwähnte Durchmesserscheibe näher als der Nahepunkt vors Auge, so sieht man jeden der weifsen Durchmesser in der Mitte blau, an den Seiten rothgelb, da jetzt die Brennstrecke jedes weifsen Punktes der Scheibe ganz hinter der Netzhaut liegt. Die Färbung wird entschiedener, wenn man das Auge durch ein Loch in der Mitte der Scheibe für die Ferne adaptirt.

Befindet sich die Scheibe jenseits der deutlichen Sehweite, und man adaptirt das Auge für einen näheren Punkt, so erscheinen die Durchmesser in der Mitte rothgelb, am Rande bläulich.

Bei einer weifsen Scheibe mit schwarzen Durchmessern ist die Färbung der letztern gerade die umgekehrte, wie die der weifsen Durchmesser auf schwarzer Scheibe.

35) Dem entsprechend ist die Färbung an der Gränze zwischen einer schwarzen und einer weifsen Fläche. Diesseits der deutlichen Sehweite ist der ins Weifse übergreifende Theil der Zerstreuungsfranse bläulich, der ins Schwarze übergreifende röthlich; jenseits der deutlichen Sehweite ist die Färbung die umgekehrte. Deutlich erkennt man diefs,

wenn man das Auge im ersten Fall (durch ein Loch auf der Gränze der beiden Flächen) auf einen fernen, im zweiten auf einen nähern Punkt adaptirt.[1])

36) Die Farbenerscheinungen, welche stattfinden, wenn man weifse oder schwarze Linien betrachtet, während man einen Schirm vors Auge schiebt, lassen sich nun leicht vorher bestimmen. Ich beschränke mich auf den Fall, dafs sich der Schirm diesseits der deutlichen Sehweite befindet, und die betrachtete Linie horizontal ist.

Ist die Linie weifs auf schwarzem Grunde, und befindet sie sich gleichfalls diesseits der deutlichen Sehweite, so verschwindet (nach No. 14) zuerst der untere (rothe) Theil der Zerstreuungsfigur jedes Punktes der Linie, folglich

1) Man sieht an der Gränze des Schwarzen und Weifsen auf einer Scheibe, die sich *jenseits* der deutlichen Sehweite befindet, neben dem bläulichen Theil der Zerstreuungsfranse einen ziemlich scharf begränzten intensiv schwarzen Streifen von ungefähr derselben Breite, wie der bläuliche, und diesem *dunklen* Streifen correspondirt auf der andern Seite, also neben dem röthlichen, ein intensiv *heller*. Die Breiten beider Streifen sind der Breite der Zerstreuungsfranse proportional, sie nehmen ab mit der Entfernung. Es scheint mir der intensiv schwarze Streifen wesentlich dazu beizutragen, dafs man mehr geneigt ist, die Zerstreuungsfranse zum Weifsen als zum Schwarzen gehörig zu betrachten, wodurch das Schwarze verkleinert, das Weifse vergröfsert erscheint.

Aber wie *erklären* sich jener dunkle und jener helle Streifen? Man wird sie eine Contrastwirkung nennen, und der Versuch sie auf die Natur des Lichts und dessen Brechung im Auge zurückzuführen, dürfte gewagt erscheinen. Indessen, könnte der dunkle Streifen nicht auf das Vorhandenseyn von Lichtstrahlen hindeuten, die von gröfserer Brechbarkeit sind, als die violetten? Oder vielmehr, da das Vorhandenseyn solcher Lichtstrahlen bereits anderweit dargethan ist (ich erinnere nur an den »*chemischen Focus*« der Daguerreotyp-Linsen), wird nicht ihre Wirkung auf die *Netzhaut* durch den dunklen Streifen constatirt? Aber dann müfste man diesen Strahlen die Eigenschaft beilegen, dafs sie die übrigen Lichtstrahlen verdunkeln!? Legen wir ihnen diese Eigenschaft bei, so erklärt sich der *helle* Streifen in ganz ähnlicher Weise, wie die graue Zerstreuungsfigur eines schwarzen Punktes auf weifsem Grunde (No 5); denn die verdunkelnden Strahlen müssen eben dorthin fehlen, weil von der schwarzen Fläche kein Licht ausgeht.

Die ähnlichen Erscheinungen *diesseits* der deutlichen Sehstrecke liefsen sich auf ähnliche Weise erklären.

mufs nach (No. 33 u. 34) die Linie oben roth, unten blau erscheinen, Befindet sie sich jenseits der deutlichen Sehweite, so verschwindet zuerst der obere Theil der Zerstreuungsfigur jedes Punktes der Linie, und man mufs daher die Linie gleichfalls oben roth und unten blau sehen.

Eine schwarze Linie auf weifsem Grunde erscheint, beim Einschieben eines Schirms von oben nach unten, in allen Entfernungen umgekehrt wie vorher, oben blau und unten roth.

Man sieht, es sind diefs dieselben Erscheinungen, als wenn man die betreffende Linie durch ein Glasprisma, die brechende Kante nach unten gerichtet, betrachtet. Dieser *Newton'sche* Versuch wird also in dem obigen blos mittelst des Auges angestellt, indem der obere Theil der Linse die Stelle des Glasprisma's vertritt.

37) Fraunhofer und Andere, neuerdings wieder Dove [1]), haben schon dargethan, dafs das Auge nicht achromatisch ist, dafs die Vereinigung der rothen Strahlen im Auge weiter nach hinten erfolgt, als die der blauen, oder, dafs Roth näher erscheint, als das in derselben Entfernung befindliche Blau.

Einfach und genauer überzeugt man sich davon mittelst der Durchmesserscheibe. Zeigt diese z. B. durch ein *blaues* Glas betrachtet, in der entsprechenden Entfernung alle Durchmesser von gleicher Intensität, und man betrachtet sie nun durch ein *rothes* Glas, so erscheinen die Durchmesser ungleich, und man mufs, um sie wieder gleich zu erhalten, die Scheibe weiter entfernen (und zwar bei Weitsichtigen um eine sehr bedeutende Strecke).

Ueberhaupt finden alle in No. 19 beschriebenen Erscheinungen an der Durchmesserscheibe auch statt, wenn man diese Scheibe durch ein gefärbtes Glas betrachtet.

Daraus folgt: *Jedem Complex homogen gefärbter Strahlen, die von einem Lichtpunkt ins Auge fallen, entspricht in demselben eine besondere Brennstrecke. Die Brennstrecke*

1) Diese Annalen Bd. 83, S. 176.

der rothen Strahlen liegt am meisten nach vorn, diejenige der violetten am meisten nach hinten.

Im Mittel aus mehreren Beobachtungen beträgt für mein linkes Auge

a) die Entfernung des Nahepunktes		für blaues	Licht	5,25	p. Z.
»	»	weifses	»	6	»
»	»	rothes	»	7,25	»
b) d. Entf. d. mittl. Deutlichkeitspunkts		f. blaues	»	13,75	»
»	»	weifses	»	15,5	»
»	»	rothes	»	18	»
c) die Entfernung d. Fernpunktes		für weifses	»	56	»

durch das blaue und rothe Glas konnte ich bei dieser Entfernung die Durchmesser nicht mehr scharf genug sehen, um den Fernpunkt zu bestimmen.

38) Die Wahrnehmung der Farbenzerstreuung im Auge wird mit der Entfernung des lichtsendenden Gegenstandes geringer, weil aus dioptrischen Gründen

a) mit dem Einfallswinkel eines Lichtstrahls die Farbenzerstreuung abnimmt, und

b) die Brennstrecke eines fernen Punktes kürzer ist, als die eines nahen, also die Zerstreuungslinien auf der Netzhaut im ersten Falle weniger ungleich sind, als im letzteren.

39) Wahrscheinlich bedarf das Auge zur Accomodation nur einer einseitigen Thätigkeit, nämlich nur einer solchen, welche die Axe des Glaskörpers verlängert (No. 27), und ist im ruhenden Zustande oder in völlig schwarzer Umgebung für den Fernpunkt adaptirt.[1]) Könnte man das Auge aus einer völlig dunkeln in eine ebenso gleichmäfsig weifse, oder blaue, oder rothe u. s. w. Umgebung versetzen, so würde es keine Veranlassung haben, sich anders zu adaptiren; denn da alsdann auf jeder Stelle der Netzhaut alle Bestandtheile eines Punktbildes (vergl. No. 8) zusammenfallen würden, so würde die von der Länge der Augenaxe abhängige *Gröfse* der Zerstreuungsbilder völlig gleich-

1) Volkmann in Wagners Handwörterbuch der Physiologie 3ter Bd. S. 300.

gültig seyn. Nur eine Aenderung der Pupillenweite zur Regelung der einfallenden Lichtmenge dürfte unter Umständen auch im fraglichen Fall unerläfslich seyn, und wird bekanntlich schon bei jedem Wechsel der helleren oder dunkleren Umgebung beobachtet.

Man kann demnach wohl von einer Adaption für hell oder dunkel, nicht aber eigentlich von einer solchen für eine bestimmte Farbe sprechen, höchstens, wenn man das Schwarze eine Farbe nennen will, von einer Accomodation für dieses, insofern man nämlich das Auge in völlig schwarzer (dunkler) Umgebung als ruhend, also für den Fernpunkt adaptirt annehmen, dasselbe aber niemals in eine Umgebung von anderer, völlig gleichmäfsiger, Färbung bringen kann.

Bietet man aber dem Auge zwei Gegenstände von verschiedener Färbung oder verschiedener Helligkeit bei gleicher Färbung neben einander dar, so können die Zerstreuungsbilder, welche an der Gränze gegenseitig ineinanger fallen, diese Gränze undeutlich machen, und in diesem Falle sucht das Auge die Zerstreuungsbilder möglichst zu verkleinern: es *adaptirt* sich. Bringt man z. B. eine weifse oder schwarze Scheibe mit schwarzen oder weifsen Linien ungefähr in die deutliche Sehweite, verschliefst einige Zeit die Augen und öffnet dann unbefangen eines derselben, so bemerkt man Zerstreuungsfransen an den Linien, die man bei einiger Uebung als solche der Nähe erkennt, und die dann durch die Adaption rasch verschwinden.

40) Diese Betrachtungen scheinen mir anwendbar zur Erklärung des Verhaltens von Schwarz und Weifs bei den stereoskopischen Versuchen, welche Dove in diesen Annalen (Band 83) mitgetheilt hat.

Ich stimme der Ansicht Dove's bei, dafs die verschiedene Accomodation der beiden Augen jenen eigenthümlichen Glanz verursacht, den man bemerkt, wenn man jedem Auge die ihm entsprechende Projection eines Körpers, die eine mit schwarzen Linien auf weifsem, die anderen mit weifsen Linien auf schwarzem Grunde darbietet.

Wenn man mit dem einen Auge eine blofs weifse, dem andern eine blofs schwarze Fläche sieht, so bemerkt man jenen eigenthümlichen Glanz in einem weit geringern Grade, als wenn sich auf der schwarzen Scheibe eine weifse, auf der weifsen Scheibe eine schwarze Contour befindet. Im ersten Fall findet zwar, weil die Flächen niemals ganz gleichartig sind, eine entsprechende Adaption der Augen statt; aber diese mufs im letztern Fall viel schärfer ausfallen. Um nun die schwarzen Linien auf Weifs ebenso deutlich zu sehen, wie die weifsen Linien auf Schwarz, müssen die Zerstreuungsfransen der erstern schmäler seyn, als die der letztern; die Augenaxe mufs sich also für jene mehr verlängern, als für diese, oder anders ausgedrückt: *das Auge, dem schwarze Linien auf Weifs dargeboten werden, mufs sich mehr für die Nähe adaptiren, als das Auge, dem weifse Linien auf Schwarz in derselben Entfernung gegenüberstehen.*

Die Erklärung Dove's stützt sich auf die Annahme, dafs Schwarz eine Farbe sei, wie Roth, Gelb u. s. w., und dafs ihre entsprechenden Lichtstrahlen am stärksten gebrochen werden: diese Annahme, die sich mir selbst bei meinen Untersuchungen manchmal fast mit Gewalt aufgedrängt hat, wird aber unnöthig, wenn man zugiebt, dafs das ruhende Auge für den Fernpunkt adaptirt ist.

41) Eine Analogie zwischen Schwarz und Weifs einerseits und zwei prismatischen Farben anderseits in ihrem Verhalten zum Auge besteht allerdings, indem je zwei dieser letztern verschiedene Helligkeit haben, Schwarz aber den geringsten, Weifs den höchsten Grad von Helligkeit darstellt, und deshalb für zwei nebeneinander befindliche prismatische Farben ebenso gut eine Adaption zur Wegschaffung der Zerstreuungsfiguren nöthig wird, wie für Schwarz und Weifs. Aber Dove ist offenbar zu weit gegangen, wenn er auch die folgenden Erscheinungen für analoge angiebt: »In der Entfernung des deutlichen Sehens erscheint durch das violette Glas, welches die Enden des Spectrums hindurchläfst, aber seine Mitte verlöscht, eine Lichtflamme

ohne Saum violett, d. h. die rothe Flamme so grofs, wie die blaue. Ebenso erscheint in der Entfernung des deutlichen Sehens ein weifser Gegenstand so grofs, wie ein schwarzer. In gröfserer Entfernung umsäumt ein blauer Rand die rothe Flamme, d. h. die blaue Flamme erscheint gröfser als die rothe. Ebenso erscheint der weifse Kreis auf schwarzem Grund, jenseits der Weite des deutlichen Sehens gröfser, als der schwarze auf weifsem Grund.« (S. 181). Denn wenn sich die Lichtflamme innerhalb der deutlichen Sehweite befindet, so erscheint sie, durch das violette Glas besehen, wie Dove selbst Seite 176 angiebt, innen violett und aufsen roth, d. h. die rothe Flamme erscheint gröfser, als die blaue; dagegen erscheint auch in dieser Entfernung ein weifser Kreis auf schwarzem Grunde gröfser, als ein gleichgrofser schwarzer auf weifsem, wodurch die Analogie aufgehoben wird. Das Analogon zu dem Dove'schen Versuche ist vielmehr der in No. 35 beschriebene. Anstatt der Folgerungen, welche Dove aus dem eben Angeführten zieht, glaube ich den vorhergehenden Untersuchungen gemäfs Folgendes setzen zu dürfen:

Die Erscheinungen der Irradiation sind subjectiv durch das Vorhandensein der Brennstrecke im Auge und durch die Mangelhaftigkeit des Adaptionsvermögens desselben, objectiv einzig und allein durch den Unterschied der Helligkeit der verschiedenen aneinander gränzenden Sehobjecte bedingt. Die Farbenzerlegung des Lichts durch das Auge hat auf jene Erscheinungen nur einen accessorischen und so wenig bestimmenden Einflufs, dafs sie auch bei monochromatischem Lichte stattfinden. [1])

Hanau am 6. November 1852.

1) Eine plötzliche Aenderung meiner dienstlichen Stellung nöthigt mich, hier vorerst abzubrechen.

III. *Untersuchungen über das Wismuth; von R. Schneider.*

Das Wismuth und die Verbindungen desselben sind bisher weit weniger studirt worden, als man bei einem Metalle von so häufigem Vorkommen und so leichter Beschaffbarkeit erwarten sollte. Vielmehr mufs zugestanden werden, dafs demselben bisher von Seiten der Chemiker eine im Allgemeinen nur untergeordnete Aufmerksamkeit zugewandt worden, und dafs — damit im Zusammenhange — die Literatur über diesen Gegenstand bis jetzt auf einen nur sehr geringen Umfang beschränkt geblieben ist. — Es kann hier nicht die Aufgabe sein, im Einzelnen nachzuweisen, was und wie viel in diesem Theile der Chemie zu thun noch übrig ist; es genüge, kurz darauf aufmerksam zu machen, dafs es besonders die Salze des Wismuths sind, über welche uns, im Vergleich zu denen anderer Metalle, nur ziemlich spärliche Angaben vorliegen, und unter diesen ganz besonders die Salze mit organischen Säuren, von denen wir, einige wenige ausgenommen, in der That nicht mehr wissen, als dafs sie überhaupt existiren; — es genüge, darauf hinzuweisen, dafs betreffs der binären Verbindungen des Wismuths mit den Metalloïden Aehnliches gilt, — dafs auch hier der wohlbekannten und gründlich erforschten Thatsachen weit weniger sind als derer, die noch der Aufklärung harren.

Der Grund, wefshalb gerade dem Wismuth nur so selten ausführliche Untersuchungen gewidmet worden sind, mufs wohl hauptsächlich in der den meisten Salzen dieses Metalles zukommenden Eigenschaft gefunden werden, schon unter dem blofsen Einflusse des Wassers Zersetzungen zu erleiden, — ein Verhalten, aus welchem den Arbeiten über diesen Gegenstand allerdings sehr bedeutende, oft kaum zu beseitigende Schwierigkeiten erwachsen, zumal wenn man die Mittel nicht genug beachtet, durch welche

jenen Zersetzungen theilweise oder vollständig vorgebeugt werden kann. Auch bei den nachfolgenden Untersuchungen, die besonders auf die noch wenig gekannten, niedrigsten Verbindungsstufen des Wismuths mit Sauerstoff, Schwefel und Chlor gerichtet gewesen sind, hat es an Schwierigkeiten der angedeuteten Art nicht gefehlt, und wenn es auch gelungen ist, den störenden Einflufs des Wassers vollständig zu beseitigen, so ist diefs doch nur durch Mittel möglich gewesen, durch deren Anwendung neue, gleichfalls nicht unerhebliche Schwierigkeiten bedingt waren. Möge hierin die Erklärung und Entschuldigung dafür gefunden werden, dafs sich den im Folgenden beizubringenden analytischen Belägen nicht immer der wünschenswerthe Grad von Schärfe und Genauigkeit hat mittheilen lassen.

Erste Abhandlung.

Ueber das Wismuthoxydul.

Es ist, obgleich zu wiederholten Malen Versuche in dieser Richtung angestellt worden sind, bisher nicht gelungen, die niedrigste Oxydationsstufe des Wismuths, *das Wismuthoxydul*, hervorzubringen, — wenigstens nicht im reinen Zustande, denn Alles, was von früheren Chemikern über eine solche Verbindung veröffentlicht worden ist, hat sich nachweislich auf unreine Substanzen bezogen, für deren angebliche Identität mit Wismuthoxydul auch niemals vollgültige Beweise beigebracht worden sind. Die Verbindung mufste demnach, obschon einzelne Andeutungen für deren Existenz vorlagen, als eine bis jetzt noch unbekannte, angesehen werden.

Zur besseren Orientirung für den Leser schicke ich einen kurzen Bericht über das voraus, was von Versuchen anderer Chemiker über diesen Gegenstand bisher zur öffentlichen Kenntnifs gelangt ist.

Thomson [1]) that eines Wismuthsuboxydes (der Formel: Bi O) Erwähnung, angeblich dargestellt durch Schmel-

1) *Proceedings of the Glasgow philosophical society* 1841—42, *p.* 4.

zen von Wismuth bei gelinder Temperatur an der Luft unter stetem Umrühren und Absieben des entstandenen grauen Pulvers von dem nicht oxydirten Metalle. Heintz [1]) hat bereits — und wie mir scheint sehr gegründete — Zweifel darüber ausgesprochen, daſs auf diese Weise ein von Metall freies und gleichmäſsig zusammengesetztes Suboxyd solle erhalten werden können. Das Sieb ist in der That ein gar zu rohes analytisches Mittel in der Hand des Chemikers, als daſs von seiner Anwendung die Erzielung reiner Präparate erwartet werden könnte. — Daſs das oberflächliche Anlaufen und Erblinden des Wismuths, wenn es bei freiem Luftzutritt einer höheren Temperatur ausgesetzt wird, in einer beginnenden Oxydation seinen Grund hat, liegt auf der Hand; ob indeſs diese Oxydation gerade bei der Bildung des Oxyduls stehen bleibt, dürfte um so fraglicher seyn, als die Eigenschaften dieses letzteren auszuweisen scheinen, daſs es bei freiem Luftzutritt und vollends bei höherer Temperatur als solches gar nicht existiren kann.

Heintz [2]) versuchte die Darstellung des Wismuthoxyduls auf verschiedene Weise: — zunächst durch Erhitzen von basisch oxalsaurem Wismuthoxyd (BiO_3, $2C_2O_3$) bis auf 200° C. bei Luftabschluſs, also im Wesentlichen nach der für die Darstellung des Bleisuboxydes bräuchlichen Methode. Es entwich dabei Kohlensäure und wenig Kohlenoxydgas; der grauschwarze Rückstand, der noch Kohlensäure enthielt, war nach Heintz ein Gemenge von Wismuth und kohlensaurem Wismuthoxyd.

Ebenso vermochte Heintz [3]) durch Erhitzen von basisch phosphorsaurem Wismuthoxyd (BiO^3, PO_5) im Wasserstoffstrome kein Wismuthoxydul hervorzubringen. Das Wismuthoxyd und die Phosphorsäure wurden dabei reducirt, es entstand Phosphorwismuth, das aber in der Hitze den Phosphor zum Theil wieder fahren lieſs. Es blieb also

1) Pogg. Ann. Bd. 63, S. 55.
2) Pogg. Ann. Bd. 63, S. 55.
3) Pogg. Ann. Bd. 63, S. 559.

phosphorhaltiges Wismuth zurück, während Wasser und Phosphor sich verflüchtigten.

Endlich prüfte Heintz (l. c.) das Verhalten von erhitztem Wismuthoxyd gegen ein Gemisch von Kohlensäure und Kohlenoxydgas, und fand, dafs dadurch gar keine reducirende Wirkung auf das Wismuthoxyd ausgeübt wird. — Diese letztere Beobachtung steht im Widerspruch mit einer Angabe von L. Gmelin [1]), wonach das Wismuthoxyd durch Kohlenoxydgas zu Metall reducirt wird. Jedenfalls ist der Erfolg bei verschiedenen Temperaturen verschieden, und daher wohl die widersprechenden Angaben.

Einige Versuche ähnlicher Art, wie die eben erwähnten von Heintz, sind von mir angestellt worden. Zwar haben dieselben gleichfalls nicht den gewünschten Erfolg gehabt, doch führe ich sie hier kurz an, da es vielleicht nicht ohne alles Interesse ist, einige der negativen Resultate, die sich dabei herausgestellt, kennen zu lernen.

Es betrafen diese Versuche zunächst das Verhalten einiger weinsteinsaurer Wismuthoxydsalze (resp. Doppelsalze) im Wasserstoffstrome bei höherer Temperatur. Alle diese Salze — (auf deren nähere Beschreibung ich an dieser Stelle absichtlich nicht eingehe, indem ich mir die ausführliche Besprechung derselben für eine spätere besondere Arbeit vorbehalte) — erfuhren, im Strome von trockenem Wasserstoffgase bis 100° C. erhitzt, abgesehen von einem gewissen Verluste an Wasser, durchaus keine wesentliche Veränderung. Wurde aber die Temperatur (im Metallbade) allmälig erhöht, so fingen einige (namentlich die einfachen weinsteinsauren Salze) schon bei 150—160° C., andere (z. B. das nach Schwarzenberg's Methode [2]) bereitete, dem Brechweinstein analoge Doppelsalz von weinsteinsaurem Wismuthoxyd-Kali) erst gegen 200° C. an, unter Braunfärbung sichtbar verändert zu werden, so jedoch, dafs die beginnende Wasserbildung immer gleich vom Auftreten brenz-

1) Dessen Handbuch II, 848.
2) Annal. der Chem. u. Pharm. 1847. Febr.

brenzlicher Producte begleitet war. Es handelte sich also offenbar nicht mehr um eine einfache Reduction des Wismuthoxydes zu Oxydul, sondern es trat eine tiefer greifende Veränderung des ganzen Salzes ein, bei welcher unter dem gemeinschaftlichen Einflusse des Wasserstoffgases und der Zersetzungsproducte der Weinsteinsäure sehr leicht die Abscheidung von metallischem Wismuth zu Stande kam. In einigen Fällen hat es mir zwar scheinen wollen, als ließen sich annähernd Temperaturgrade einhalten, bei denen die Reduction, ohne von jener tiefergreifenden Zersetzung begleitet zu sein, nur bis zur Bildung eines Oxydulsalzes fortschreitet, — wenigstens gab in diesen Fällen der schwarzbraune Rückstand von der Reduction, wenn derselbe nach dem völligen Erkalten mit vielem Wasser behandelt wurde, dunkelbraune Lösungen, aus denen durch Zusatz von Kali unter Erwärmen voluminöse braune Niederschläge abgeschieden werden konnten; es hat mir jedoch für keins der untersuchten Salze gelingen wollen, diesen Punkt so genau festzustellen, daſs in der nach der Reduction zurückbleibenden schwarzbraunen Masse nicht entweder schon etwas metallisches Wismuth oder noch unverändertes Oxydsalz enthalten gewesen wäre. — Ob andere organischsaure Wismuthsalze ein den weinsteinsauren analoges Verhalten zeigen, lasse ich vorläufig dahingestellt; für die citronensauren, deren ich einige geprüft habe, scheint es der Fall zu seyn.

Ferner habe ich die Darstellung des Wismuthoxyduls dadurch versucht, daſs ich das Doppelsalz von schwefelsaurem Wismuthoxyd-Kali ($3KO, SO_3 + BiO_3, 3SO_3$) bei höherer Temperatur der Einwirkung des Wasserstoffgases aussetzte.

Es entwichen, als das Salz bis gegen 300° C. im trockenen Wasserstoffstrome erhitzt wurde, (wobei dasselbe seine Farbe allmälig in lichtbraun, dann in dunkel schwarzbraun veränderte), nur Wasser und Schwefelsäure aus der Reductionsröhre, doch ging die Reaction bei dieser Temperatur nur ziemlich langsam von Statten. Als darauf die Hitze etwas gesteigert wurde, entwich zugleich schweflige

Säure aus dem Apparate, und die reducirte (fast ganz schwarze) Masse enthielt nun Schwefelwismuth beigemischt, leicht daran erkennbar, dafs beim Behandeln derselben mit Salpetersäure etwas (obgleich nur sehr wenig) Schwefel von charakteristischer Beschaffenheit abgeschieden wurde. — Abgesehen von dieser Verunreinigung durch Schwefelwismuth enthielt die reducirte Masse ohne Zweifel einen grofsen Theil des Wismuths als Wismuthoxydul, denn sie hinterliefs nach der Digestion mit verdünnter Kalilösung ein schwarzes, schweres, nicht metallisches Pulver, welches, im Wasserstoffstrome erhitzt, unter Wasserbildung zu metallischem Wismuth reducirt wurde und bei Luftzutritt erhitzt, zu gelbem Wismuthoxyd verglimmte. Dafs, als mit dieser schwarzen Substanz einige Reductions- und Oxydationsversuche quantitativ ausgeführt wurden, sich Zahlenverhältnisse ergaben, die sich den durch die Formel des Wismuthoxyduls (BiO_2) geforderten in Etwas näherten, scheint mir, da einmal Schwefel in der Substanz enthalten war und scharfe Resultate also nicht erwartet werden konnten, keine besondere Beachtung zu verdienen. —

Es ergiebt sich demnach aus obigem Versuche, dafs schwefelsaure Metalloxyde, auch wenn sie in Doppelsalzen enthalten, — also gleichsam im fixirten Zustande — der Einwirkung des Wasserstoffgases bei höherer Temperatur dargeboten werden, sich wo nicht gleich, so doch ähnlich verhalten wie reine schwefelsaure Metalloxyde, die bekanntlich nach Arfvedsons [1]) Angaben beim stärkeren Erhitzen im Wasserstoffgase, unter Ausgabe von schwefliger Säure und Wasser, in Gemische von Metalloxyden und Schwefelmetallen verwandelt werden.

Arppe [2]) versuchte eine niedrigere Oxydationsstufe des Wismuths nach der Methode hervorzubringen, welche zuerst von Mitscherlich für die Darstellung des Kupferoxyduls angewandt wurde. Er mischte nämlich gesättigte Lösungen von Rohrzucker und salpetersaurem Wismuthoxyd

1) Berzel. Lehrbuch II. 32.
2) Pogg. Ann. Bd. 64, S. 237.

zu gleichen Theilen, und gofs dazu kaustisches Kali, bis die alkalische Reaction hervortrat. Bei der Digestion des Gemisches bis gegen 80° C. ging die weifse Farbe des durch Kalizusatz bewirkten Niederschlages allmälig in die schwarze über, während die darüberstehende Flüssigkeit sich roth färbte. Es fand also jedenfalls eine theilweise Reduction statt; die Analyse des schwarzen Niederschlages zeigte aber, dafs derselbe gröfstentheils aus Wismuthoxyd bestand. Wurde bei diesem Versuche Kali im gröfseren Ueberschufs angewandt und stärker erhitzt, so schied sich leicht metallisches Wismuth aus. Die rothe Lösung enthielt viel Wismuthoxyd und beim Abdampfen derselben fiel metallisches Wismuth daraus nieder.

Ich habe diesen Versuch von Arppe wiederholt, mit dem Unterschiede jedoch, dafs ich mich anstatt des salpetersauren Wismuthoxyds einer gegen Pflanzenpigmente neutralen Lösung von weinsteinsaurem Wismuthoxyd (s. unten) in Kali bediente. Zu dieser wurde eine Lösung von Traubenzucker gefügt, das Gemisch bis zur deutlich alkalischen Reaction mit Aetzkali versetzt und bei einer Temperatur von 70 — 80° C. im Wasserbade digerirt. Die anfangs ganz farblose Flüssigkeit färbte sich dabei allmälig dunkel weingelb, dann braun bis schwarz und war endlich, selbst in dünnen Schichten, ganz undurchsichtig geworden; beim längeren Stehen setzte sich ein schweres schwarzes Pulver daraus ab und die darüber stehende Flüssigkeit zeigte eine dunkel rothbraune Farbe. Das schwarze Pulver war indefs nicht Wismuthoxydul, sondern metallisches Wismuth, leicht daran erkennbar, dafs es durch starken Druck zu metallglänzenden Blättchen vereinigt werden konnte. Die braune Lösung enthielt noch viel Wismuth, jedoch nicht als Oxydul, wie es durch die braune Farbe derselben angedeutet scheinen konnte, sondern als Oxyd, denn durch verdünnte Mineralsäuren wurde — ganz wie in der ursprünglich angewandten Lösung des weinsteinsauren Oxyddoppelsalzes — ein weifser flockiger Niederschlag darin hervorgebracht. Die braune Farbe der Lösung mufste also wohl den unter

dem Einflusse des freien Kalis auf die Zuckerlösung entstandenen Zersetzungsproducten zugeschrieben werden. — Verlauf und Erfolg der Reaction blieben übrigens ganz dieselben, als, anstatt gleiche Theile Wismuthsalz und Zucker anzuwenden, die Menge des letzteren bis auf ein Viertel von jenem vermindert, und zugleich der Gehalt des Flüssigkeitsgemisches an freiem Kali sehr vorsichtig und langsam erhöht wurde. — Es scheint demnach ausgemacht, daſs das Wismuthoxyd unter dem reducirenden Einflusse von Zucker direct in metallisches Wismuth übergeführt wird.

Nach einer Angabe von Berzelius [1]) wird Wismuthoxydul in braunen Flocken erhalten, wenn man an einer schwachen hydro-elektrischen Vorrichtung Wismuth als negative Electrode anbringt. Die Zusammensetzung der so erhaltenen Substanz scheint indeſs nicht näher ausgemittelt, diese also wohl nur vermuthungsweise für Wismuthoxydul genommen worden zu seyn. —

A. Vogel [2]) erhielt angeblich Wismuthoxydul, als er basisch salpetersaures Wismuthoxyd mit überschüssigem Zinnchlorür bei Luftabschluſs digerirte. Es bildete sich dabei ein kohlenschwarzes Pulver, welches beim Erhitzen an der Luft wie Zunder zu einem gelben Oxyde verbrannte, und in heiſser Chlorwasserstoffsäure auflöslich war. Die auf diese Weise dargestellte Substanz enthält indeſs nach Berzelius [3]) stets Zinn, von dem sie nicht ganz befreit werden kann. Auch Arppe [4]) erhielt, als er den Vogel'schen Versuch wiederholte, einen schwarzen Rückstand, der gleichfalls von einem Gehalte an Zinn nicht ganz befreit werden konnte. — Wie bedeutend dieser Zinngehalt gewesen sey, ist indeſs weder von Vogel noch von Arppe angegeben worden; auch fehlen alle näheren analytischen Nachweise über das gegenseitige Gewichtsverhältniſs von Wismuth und Sauerstoff in der schwarzen

1) Lehrb. II. 573.
2) Kastners Archiv, 23, 86.
3) Lehrb. II. 574.
4) Pogg. Ann. 64, 237.

Substanz. Es bleibt demnach zweifelhaft, ob dieselbe der Hauptsache nach wirklich aus Wismuthoxydul bestanden habe. Aus meinen eigenen Versuchen (s. w. unten) glaube ich fast schliefsen zu dürfen, dafs das angebliche Wismuthoxydul Vogel's Zinn (d. h. Zinnsäure) als wesentlichen Bestandtheil und, sofern ein Ueberschufs von Zinnchlorür zu dessen Darstellung angewandt wurde, vielleicht auch fein vertheiltes metallisches Wismuth beigemischt enthalten habe. Ueberhaupt aber konnte wohl kaum ein scharfes Resultat von einer Methode erwartet werden, bei welcher von einem Wismuthsalze ausgegangen wurde, das schon durch blofsen Wasserzusatz Zersetzungen erleidet, und das als wesentlichen Bestandtheil Salpetersäure enthält, die da, wo es sich um eine Reduction handelte, wohl besser vermieden worden wäre.

Dennoch schien durch den Versuch Vogel's diefs angedeutet: dafs die Reduction des Wismuthoxydes unter dem Einflusse von Zinnoxydul nicht, wie z. B. beim Antimonoxyde und bei der arsenigen Säure, sofort bis zur Abscheidung von Metall fortschreite, sondern dafs sich dieselbe unter gewissen Umständen auf die Bildung einer niedrigeren Oxydationsstufe beschränken lasse. Verfasser hat sich durch diese Andeutung aufgefordert gefunden, das Verhalten des Zinnchlorürs oder vielmehr des Zinnoxyduls zum Wismuthoxyde einer erneueten genauen Prüfung zu unterwerfen. Derselbe hat für die in dieser Richtung anzustellenden Versuche die Anwendung saurer Lösungen (der betreffenden Metalloxyde), als dem vorliegenden Zwecke nicht entsprechend, von vornherein ausschliefsen zu müssen geglaubt; er ist dabei von der Voraussetzung ausgegangen, dafs das Wismuthoxydul nach Art mancher anderen Oxydule durch freie Säuren in Metall und Oxyd zerlegt werden würde, — einer Voraussetzung, die sich im weiteren Verlaufe dieser Untersuchung auch als eine ganz richtige ausgewiesen hat. — Es mufsten also neutrale oder alkalische Lösungen zur Reaction gebracht werden. Dieser Forderung konnte aber und zwar aus Gründen, die kaum einer besonderen Erör-

terung bedürfen, für das Wismuthoxyd, so lange man sich allein auf die anorganischen Verbindungen desselben beschränkte, durchaus nicht entsprochen werden; es war diefs nur dadurch möglich, dafs dasselbe in organische Verbindung übergeführt wurde.

Nach einer Angabe von H. Rose [1]) wird eine Auflösung von salpetersaurem Wismuthoxyd durch Zusatz von Weinsteinsäure zwar nicht vor der Zersetzung durch Wasser geschützt, der durch Wasserzusatz entstandene Niederschlag verschwindet aber vollständig beim Uebersättigen der Flüssigkeit vermittelst eines Alkalis. Allgemeiner läfst sich sagen: Es kann mit Hülfe der Weinsteinsäure bei gleichzeitiger Anwesenheit eines Alkali's — also offenbar unter Bildung eines weinsteinsauren Doppelsalzes — das Wismuthoxyd in Lösungen übergeführt werden, in denen Kali, selbst ein bedeutender Ueberschufs desselben, keinen Niederschlag mehr hervorbringt, und die bis zu beliebigen, selbst den stärksten Graden mit Wasser verdünnt werden können, ohne die den Wismuthsalzen mit anorganischen Säuren eigenthümliche Zersetzung zu erleiden. Von diesem Verhalten der Weinsteinsäure gegen das Wismuthoxyd hat sich in dem vorliegenden Falle ein besonders vortheilhafter Gebrauch machen lassen.

Es kam indefs nicht allein darauf an, eine Wismuthlösung von den bezeichneten Eigenschaften anzuwenden; dieselbe mufste auch leicht und stets von derselben Zusammensetzung, d. h. von einem bestimmten Gehalte an Wismuthoxyd erhalten werden können. Dieser letzteren Anforderung hat sich nun am besten entsprechen lassen durch Anwendung eines Salzes, welches leicht in grofsen Mengen und stets von nahezu derselben Zusammensetzung erhalten werden kann: — nämlich des

neutralen weinsteinsauren Wismuthoxydes,

auf dessen Beschreibung ich hier etwas näher eingehe, weil dasselbe allen folgenden Operationen gleichsam zum Ausgangspunkte gedient hat.

1) Dessen ausführliches Handbuch der analytischen Chemie I, 939.

Fügt man zu einer mäfsig concentrirten, heifsen Lösung von 5 Theilen Wismuthoxyd in Salpetersäure eine concentrirte heifse Lösung von 4 Theilen Weinsteinsäure in Wasser, so bleibt das Flüssigkeitsgemisch, so lange es heifs ist, vollkommen klar; bei ruhigem Stehen und Erkalten desselben beginnt aber bald die Ausscheidung zahlreicher, kleiner, glänzender Krystalle, die sich am Boden und an den Wänden des Gefäfses zu sehr festen, weifsen Krusten vereinigen. Die das Wismuth gewöhnlich verunreinigenden Metalle (Kupfer, Eisen, Nickel, Silber) bleiben hierbei in der sauren Flüssigkeit gelöst; es ist also nicht nöthig, zur Darstellung des Salzes ein besonders gereinigtes Metall anzuwenden. — Ist die Ausscheidung beendigt, so giefst man die klare Flüssigkeit ab, bringt die etwas zerkleinerten Krusten auf das Filtrum, und wäscht sie mit einer kalten verdünnten Lösung von Weinsteinsäure in Wasser, wodurch das Salz (während es beim Auswaschen mit blofsem Wasser theilweise zersetzt wird) keine wesentliche Veränderung erleidet. Nur darf man nicht versäumen, der Weinsteinsäurelösung anfangs etwas Salpetersäure zuzusetzen, um der Abscheidung von basisch salpetersaurem Wismuthoxyd aus der den Krusten anhängenden (noch wismuthhaltigen) Mutterlauge vorzubeugen. Das Auswaschen mufs sehr lange fortgesetzt werden, wenn alle dem Salze anhaftende Salpetersäure entfernt werden soll. Uebrigens wird durch einen kleinen Rückhalt derselben die fernere Benutzung des Salzes (s. w. unten) nicht wesentlich beeinträchtigt. — Nach dem Auswaschen wird das Salz zwischen Fliefspapier stark ausgeprefst und bei gelinder Wärme getrocknet. Vorläufige Analysen (s. w. unten) lassen kaum einen Zweifel darüber, dafs dasselbe wirklich neutrales weinsteinsaures Wismuthoxyd ist, — also, um besonders darauf aufmerksam zu machen, ein *neutrales* Wismuthoxydsalz, deren bekanntlich bis jetzt nur sehr wenige hervorgebracht worden sind. Die Analysen dieses Salzes, soweit sie mir bis jetzt vorliegen, haben Folgendes ergeben:

I. 1,808 Grm. der lufttrockenen Substanz verloren bei 100° C. im trockenen Luftstrome: 0,166 Grm. = 9,12 Proc. *Wasser.*

II. 1,680 Grm. der bei 100° getrockneten Substanz verloren beim Erhitzen bis gegen 160° C. 0,034 Grm. = 2,02 Proc. *Wasser.* — Ueber 160° hinaus erhitzt, fängt das Salz bald an, unter Bräunung und Ausgabe brenzlicher Producte zersetzt zu werden.

Das lufttrockene Salz enthält also zusammen 11,22 Proc. *Wasser.*

III. 1,095 Grm. des bei 100° getrockneten Salzes hinterliefsen beim vorsichtigen Erhitzen an der Luft und Behandeln des Rückstandes mit Salpetersäure, bis keine Gewichtsveränderung mehr stattfand:

0,574 Grm. = 52,42 Proc. *Wismuthoxyd.*

IV. 0,947 Grm. der bei 100° getrockneten Substanz gaben bei der Verbrennung mit Kupferoxyd im Sauerstoffstrome; 0,570 Grm. Kohlensäure = 0,156 Grm. = 16,28 Proc. *Kohlenstoff* und 0,140 Grm. Wasser. Davon kommen 0,117 Grm., entsprechend 0,013 Grm. = 1,56 Proc. *Wasserstoff,* auf die Weinsteinsäure. Es bleiben noch 0,023 Grm. = 2,42 Proc. *Wasser,* die als solches in der Substanz enthalten waren.

V. 0,942 Grm. derselben Substanz gaben, auf dieselbe Weise behandelt: 0,590 Grm. Kohlensäure = 0,161 Grm. = 17,09 Proc. *Kohlenstoff* und 0,143 Grm. Wasser = 1,42 Proc. *Wasserstoff* und 2,33 Proc. *Wasser.*

VI. 0,837 Grm. derselben Substanz gaben bei der Verbrennung mit Kupferoxyd im Sauerstoffstrome und unter Anwendung einer 6 Zoll langen vorgelegten Schicht von Kupferdrehspähnen: 0,522 Grm. Kohlensäure = 0,142 Grm. = 16,96 Proc. *Kohlenstoff.* Die Wasserbestimmung ging bei dieser Analyse durch ein Versehen leider verloren. Dennoch ergiebt sich gerade aus dieser letzten Analyse, dafs das untersuchte Salz nur höchstens Spuren von Salpetersäure zurückgehalten haben kann; bei einem gröfseren Gehalte

daran hätte die Kohlenstoffbestimmung entschieden niedriger ausfallen müssen, als in den Analysen IV und V.

Sämmtliche Analysen aber scheinen auszuweisen, dafs das Salz beim Waschen mit verdünnter Weinsteinsäurelösung in der That keine oder nur eine sehr unbedeutende Veränderung erleidet. Dafs geringe Mengen dieser Waschflüssigkeit, da dieselbe nicht durch Wasser verdrängt werden darf, am Salze haften bleiben, ist wohl der Grund, weshalb Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt etwas höher gefunden worden sind, als die Theorie es fordert.

In dem bei 100° getrockneten Salze wurden also gefunden:

	II.	III.	IV.	V.	VI.	Mittel.		
BiO_3		52,42				52,42	Proc.	BiO_3
C			16,28	17,09	16,96	16,77	«	C
H			1,36	1,42		1,39	«	H
O	(a. d. Verlust)		27,13	28,48		27,80	«	O
HO	2,02		2,42	2,33		2,26	«	HO
						100,64		

Ein Salz der Formel: BiO_3, $3(C_4H_2O_5)+HO$ würde folgende Zahlen verlangen:

BiO_3	= 2900	52,84	Proc.	BiO_3
12 C	900	16,40	«	C
6 H	75	1,37	«	H
15 O	1500	27,33	«	O
HO	112,5	2,05	«	HO
	5487,5	100,00		

Der Verlust von 9,12 Proc. Wasser, den das lufttrockene Salz beim Erhitzen bis auf 100° erleidet, entspricht demnach nahezu 5 Aequivalenten Wasser (genau = 9,29 Proc.). Das lufttrockene Salz enthält also 6 Aequivalente Wasser.

Die Formel: BiO_3, $3(C_4H_2O_5)+6HO$ würde verlangen:

	Berechnet.		Gefunden.
BiO_3 =	2900	47,93 Proc.	(I u. II)
$3(C_4H_2O_5)$	2475	39,75 «	
6HO	675	11,32 «	11,22 Proc. HO
	6050	100,00	

Vermehrte Analysen werden, hoffe ich, die Richtigkeit des hier Mitgetheilten ausweisen.

Uebergiefst man neutrales weinsteinsaures Wismuthoxyd mit einer genügenden (etwa der 6—8fachen) Menge heifsen Wassers, und fügt unter Umrühren vorsichtig Kalilösung in kleinen Quantitäten hinzu, so entsteht anfangs eine starke weifse Trübung — (bei Anwendung von wenig Wasser auf viel Salz sogar ein steifer Brei) — die jedoch auf Zusatz von mehr Kali wieder vollständig verschwindet. Es kann auf diese Weise allmälig alles Salz in eine vollkommen klare, farblose Auflösung übergeführt werden, die, vorausgesetzt dafs nur die zur Lösung eben nöthige Menge Kali angewandt wurde, gegen Pflanzenpigmente neutral (oder höchstens ganz schwach alkalisch) reagirt, und die nun mit beliebigen Mengen von Wasser und Alkali versetzt werden kann, ohne die geringste Trübung zu erfahren. Da man den Gehalt des angewandten weinsteinsauren Salzes an Wismuthoxyd genau kennt, so wird natürlich auch der Gehalt der Lösung an Wismuthoxyd bei jedem beliebigen Grade der Concentration, resp. Verdünnung, genau bekannt sein.

Um auf eine solche Lösung von weinsteinsaurem Wismuthoxyd - Kali Zinnoxydul einwirken zu lassen, durfte nicht ohne Weiteres eine (etwa angesäuerte) Lösung von Zinnchlorür angewandt werden: — dieselbe würde nach Art verdünnter Säuren einen weifsen Niederschlag [1]) in jener hervorgebracht und das Resultat der nachher eintretenden Reduction jedenfalls getrübt haben. Es mufsten

1) In der Lösung des weinsteinsauren Wismuthoxyd-Kalis werden durch verdünnte Mineralsäuren weifse Niederschläge von basisch weinsteinsaurem Wismuthoxyd hervorgebracht, analog denen, die durch Säurezusatz in der Lösung des Brechweinsteins bewirkt werden.

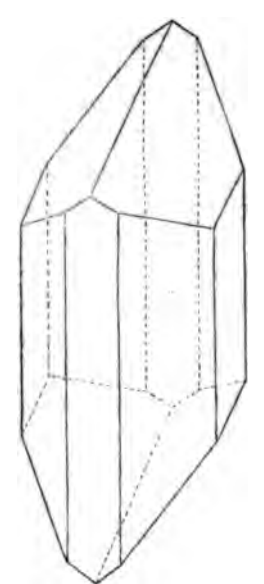
also zur Vermeidung dieses Uebelstandes besondere Vorkehrungen getroffen werden. —

Ganz ähnlich nun wie Wismuthoxyd können auch die Oxyde des Zinnes mit Hülfe von Weinsteinsäure (bei gleichzeitiger Anwesenheit eines Alkali's) in Lösungen übergeführt werden, die ein von dem gewöhnlichen in mancher Beziehung abweichendes Verhalten zeigen. Löst man auf einen Theil krystallisirten Zinnchlorürs etwa 3 Theile Weinsteinsäure [1]) in einer genügenden Menge heifsen Wassers, und fügt dazu vorsichtig Aetzkalilösung, bis Neutralität (gegen Pflanzenpigmente) eintritt, so erhält man eine klare farblose Lösung, die, ohne dafs die geringste Trübung darin entsteht, sowohl gekocht, als auch bis zu beliebigen (selbst den stärksten) Graden mit Wasser verdünnt werden kann. Durch ferneren Zusatz von wenig Kali wird zwar in dieser Lösung, vorzüglich beim Erwärmen, ein weifser Niederschlag hervorgebracht, derselbe wird jedoch von etwas mehr zugefügtem Kali vollständig wieder aufgelöst. — Offenbar kennt man auch in einer solchen Lösung (von weinsteinsaurem Zinnoxydul - Kali) bei jedem beliebigen Grade der Verdünnung genau den Gehalt an Zinnoxydul, — vorausgesetzt natürlich, dafs ein Zinnchlorür von normaler Zusammensetzung [2]) zu deren Bereitung benutzt wurde.

1) Bei Anwendung von weniger als 3 Theilen Weinsteinsäure auf 1 Th. Zinnchlorür hat es mir nicht gelingen wollen, eine solche neutrale Lösung hervorzubringen; es entstanden in diesen Fällen auf Kalizusatz immer schon bleibende Trübungen oder Niederschläge, während die Flüssigkeit noch stark sauer reagirte.

2) Es kommt diesem Salze nicht, wie die meisten Lehrbücher es noch angeben, die Formel $SnCl + HO$ oder gar $SnCl + 3HO$ zu; dasselbe enthält, worauf schon früher von Henry (*Philos. Transactions* 1845, II) und neuerlich von Penny (*Quarterly Journ.* Octob. 1851) aufmerksam gemacht wurde, 2 Aequivalente Wasser und hat also die Formel $SnCl + 2HO$. Bei zwei Analysen desselben, zu denen ganz wasserhelle, zwischen Fliefspapier sorgfältig getrocknete Krystalle verwendet wurden, fand ich in 100 Theilen 52,71 und 52,36 Theile Zinn. Die Formel $SnCl + 2HO$ verlangt 52,13 Proc. Zinn. Wäre das Salz nach der Formel $SnCl + HO$ zusammengesetzt, so müfste es 56,65 Proc.

Fügt man nun eine mäfsig verdünnte Zinnlösung dieser Art zu einer entsprechenden stark verdünnten Wismuthoxydlösung und zwar mit der Vorsicht, dafs auf 1 Äquivalent Zinnoxydul wenig mehr als 1 Äquivalent Wismuthoxyd [1]) zur Anwendung kommt, so bleibt das Flüssigkeitsgemisch, vorausgesetzt dafs alles Erwärmen vermieden



Zinn enthalten, die Formel $SnCl + 3HO$ hingegen würde nur 47,93 Proc. Zinn verlangen.

Die aufserordentlich grofse Neigung dieses Salzes, Sauerstoff aufzunehmen, gebietet, dasselbe nicht anders als im ganz frisch bereiteten Zustande anzuwenden, wie diefs auch bei der vorliegenden Untersuchung stets geschehen ist.

Die Form des Zinnchlorürs, die noch nicht genau bestimmt zu seyn scheint, gehört dem 2- und 1-gliedrigen Krystallsysteme an, und zwar stellt es symmetrische Säulen dar mit Abstumpfung der stumpfen und scharfen Seitenkanten und einer augitartigen Zuspitzung. Die nebenstehende Figur, die man sich indefs zur dünnen Säule verlängert denken mufs, zeigt diese Form.

1) Das weinsteinsaure Wismuthoxyd kann durch längeres Erwärmen im Wasserbade leicht dahin gebracht werden, dafs es etwas Weniges mehr als 50 Proc. Wismuthoxyd enthält, so also, dafs man in 2 Theilen desselben sicher etwas mehr als 1 Theil Wismuthoxyd anwendet. Da nun das Aequivalent des Wismuthoxydes = 2900, das des Zinnchlorürs = 1400 (Sn = 725 angenommen) ist, so wird man sich nahezu richtiger Verhältnisse bedienen, wenn man auf 4 Theile weinsteinsauren Wismuthoxyds 1 Theil Zinnchlorür (in Form des weinsteinsauren Doppelsalzes) zur Reaction bringt. Man hat dabei um so weniger einen Ueberschufs an Zinnoxydul zu befürchten, als das Zinnchlorür bei der Auflösung vor einer geringen Oxydation nicht ganz geschützt werden kann. Ein entschiedener Ueberschufs desselben mufs aber sorgfältig vermieden werden, weil sonst leicht etwas metallisches Wismuth zur Abscheidung kommt, und ist eben, um diefs jedenfalls zu verhüten, ein geringer Ueberschufs von Wismuthoxyd angewandt worden.

wurde, anfangs vollkommen klar und farblos; bald aber fängt es an, sich zu färben, wird zuerst weingelb, durchläuft dann allmälig alle Nüancen des Braun, und bleibt endlich bei einem dunkeln Kastanienbraun stehen. Bei gewöhnlicher Temperatur sind zur Beendigung der Reaction mehrere Stunden erforderlich; durch Anwendung mäfsiger Digestionswärme (40—50°) kann dieselbe bedeutend beschleunigt werden; — beim Kochen vollendet sie sich in kürzester Zeit. — Es verdient übrigens bemerkt zu werden, dafs der Erfolg der Reaction je nach den Concentrationsgraden, in denen die Lösungen angewandt werden, verschieden ist. Wählt man die Verdünnung so grofs, dafs in 300 — 320 Theilen des gesammten Flüssigkeitsgemisches nur 1 Theil Wismuthoxyd enthalten ist, so kommt selbst nach dem Kochen kein Niederschlag zur Abscheidung; ein höchst feines Suspensum, welches darin schwebt, und welches sich auch nach langem Stehen nicht zu Boden senkt, hindert nicht, dafs die Flüssigkeit von prächtig dunkelbrauner Farbe in dünnen Schichten klar und durchsichtig erscheint. — Bei nur halb so grofser Verdünnung (1 Theil Wismuthoxyd auf 150 — 160 Theile Flüssigkeit) trübt sich das Gemisch beim Kochen, und es setzt sich nun ein lichtbrauner Niederschlag daraus ab, während die darüber stehende Flüssigkeit dunkelbraun gefärbt bleibt. — Ganz ähnlich ist der Erfolg bei einer etwa 75fachen Verdünnung (auf das Wismuthoxyd bezogen), nur dafs der Niederschlag hier schon etwas dunkler erscheint, als im vorigen Falle. — Wählt man endlich die Verhältnisse so, dafs auf 1 Theil Wismuthoxyd das Gemisch nur 30 — 40 Theile beträgt, so kommt nach dem Kochen ein dunkelschwarzbrauner Niederschlag zur Abscheidung, während die darüberstehende Flüssigkeit fast ganz farblos (höchstens mit einem schwachen Stich in's Bräunliche) erscheint. Der in diesem letzteren Falle erzeugte Niederschlag enthält indefs schon häufig metallisches Wismuth im feinvertheilten Zustande beigemengt, — wohl eine Folge davon, dafs Weinsteinsäure, wie es scheint, in concentrirten Lösungen schon

bei einem geringen Ueberschufs an Kali reducirend auf das Wismuthoxydul einzuwirken vermag. Derselbe theilt übrigens, wohl eben wegen jener metallischen Verunreinigung — (vielleicht auch wegen seiner dichteren Beschaffenheit) — nicht die Eigenschaft der in verdünnteren Flüssigkeiten erzeugten Niederschläge: in wenig Kali enthaltendem Wasser mit prächtig dunkelbrauner Farbe auflöslich zu seyn.

Die hier beschriebene Reaction besteht nun ohne Zweifel in der Hauptsache darin, dafs Wismuthoxyd und Zinnoxydul ein Aequivalent Sauerstoff austauschen, sich umsetzend in Wismuthoxydul und Zinnsäure, die sich im beiderseitigen *status nascens* mit einander vereinigen. Aufserdem nimmt jedoch die Weinsteinsäure an der Reaction wesentlichen Antheil: die beim Kochen erzeugten Niederschläge enthalten eine gewisse Menge dieser Säure [1]) in chemischer Verbindung, und verdanken, wie sich weiter unten zeigen wird, eben dem Gehalte daran die Eigenschaft, in stark verdünntem Kali auflöslich zu seyn. Es müssen also diese Niederschläge als complicirte Verbindungen von Wismuthoxydul, Zinnsäure und Weinsteinsäure (vielleicht auch Kali?) angesehen werden. Ob die Zinnsäure darin gleichsam als Base (Zinnoxyd) oder wirklich als Säure fungirt, ist schwer zu entscheiden; wollte man, was indefs vielleicht etwas gewagt erscheinen könnte, die Constitution des Boraxweinsteins oder des weinsteinsauren Arsenigsäure-Kali's zum Vergleiche heranziehen, so würde man allerdings, wie dort der Boraxsäure und der arsenigen Säure, so hier der Zinnsäure die Rolle einer Basis zuertheilen müssen. Dafs das Zinn übrigens wirklich als Zinnsäure (und nicht etwa als Zinsesquioxyd) in der besprochenen Verbindung enthalten ist, ergiebt sich einfach daraus, dafs, wenn man aus der kalischen Lösung dieser letz-

1) Der Gehalt dieser Niederschläge an Weinsteinsäure hat sich leider nicht quantitativ bestimmen lassen, da dieselben, wie sogleich gezeigt werden wird, nicht filtrirt und ausgewaschen werden können. Aus demselben Grunde hat es unentschieden bleiben müssen, ob Kali einen wesentlichen Bestandtheil derselben ausmache.

teren durch vorsichtigen Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser das Wismuth abscheidet, in der von dem Schwefelwismuth abfiltrirten Flüssigkeit, nachdem dieselbe schwach angesäuert worden ist, durch Schwefelwasserstoffwasser ein rein gelber Niederschlag von Zinnsulfid bewirkt wird. Dafs aber neben der Zinnsäure das Wismuth als Wismuthoxydul vorhanden ist, wird sich aus den weiter unten folgenden Analysen ergeben.

Die Abscheidung des Wismuthoxyduls aus der eben besprochenen complicirten Verbindung ist nun mit nicht unerheblichen Schwierigkeiten verbunden, und es mufs leider zugestanden werden, dafs dieselben hauptsächlich durch die Gegenwart der Weinsteinsäure bedingt sind. Je wichtiger und werthvoller die Anwendung dieser Säure für die Einleitung der Reaction erscheinen mufste, desto lästiger macht sich nun ihre Anwesenheit bei allen folgenden Operationen bemerkbar.

Jedenfalls ist durch den Gehalt der braunen Niederschläge an Weinsteinsäure der Uebelstand bedingt, dafs dieselben nicht ohne Weiteres filtrirt und nicht mit Wasser ausgewaschen werden können. Bringt man dieselben auf's Filtrum, so laufen sie anfangs fast unverändert durch das Papier, allmälig aber verstopfen sie die Poren desselben so vollständig, dafs nur höchst spärlich und langsam einige Tropfen hindurchdringen, und dafs zur Filtration eines kleinen Flüssigkeitsquantums eine unverhältnifsmäfsig lange Zeit erforderlich ist. Uebergiefst man den auf dem Filtrum bleibenden Rückstand mit Wasser, so beginnt von Neuem ein trübes Durchgehen der Flüssigkeit, welches vorzüglich bei Anwendung warmen Wassers so überhand nimmt, dafs schliefslich nur sehr wenig Substanz auf dem Filtrum zurückbleibt. Zwar läfst sich diesem letzteren Uebelstande dadurch in Etwas abhelfen, dafs man sich als Waschflüssigkeit eines Gemisches aus gleichen Theilen Wasser und Weingeist bedient; die Filtration eines solchen geht indefs gleichfalls aufserordentlich langsam von Statten, so dafs der Niederschlag oft Tage lang auf dem Filtrum verweilt,

was um so bedenklicher erscheinen mufs, als derselbe zur Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffs ziemlich geneigt ist.

Versucht man aus dem Niederschlage, ohne ihn zur Filtration zu bringen, durch directe Behandlung desselben mit concentrirter Aetzkalilösung das Wismuthoxydul abzuscheiden, so gelingt diefs nicht: es treten Weinsteinsäure, Zinnsäure und viel Wismuthoxyd in Lösung; was zurückbleibt, ein schwarzer schwerer Niederschlag von sehr geringem Volumen, ist indefs nicht Wismuthoxydul, sondern besteht zum grofsen Theil aus metallischem Wismuth. Es hat also, wie es scheint, unter dem gemeinschaftlichen Einflusse der Weinsteinsäure und des concentrirten Kali's eine Theilung des Wismuthoxyduls in Metall und Oxyd stattgefunden. — Zu einem nicht günstigeren Resultate gelangt man, wenn man gleich von vornherein auf eine überschüssiges Kali enthaltende weinsteinsaure Wismuth-Oxydlösung eine entsprechende Zinnoxydullösung einwirken läfst: waren die Lösungen concentrirt genug, so kommt nach einiger Zeit ein schwarzer, metallhaltiger Niederschlag zur Abscheidung; waren sie stark verdünnt, so entsteht die gewöhnliche braune Verbindung, welche aber hier durch das überschüssige Kali in Lösung gehalten wird.

Es mufste demnach wünschenswerth erscheinen, den Niederschlag behufs der ferneren Abscheiduug des Wismuthoxyduls vor allen Dingen von seinem Gehalte an Weinsteinsäure zu befreien. Es hat sich diefs auf folgende Weise erreichen lassen. Man bereitet nach der oben angegebenen Vorschrift ein Gemisch der neutralen Lösungen von weinsteinsaurem Wismuthoxyd-Kali und weinsteinsaurem Zinnoxydul-Kali, und wählt die Verdünnung so grofs, dafs in ungefähr 150 Theilen des Gemisches 1 Theil Wismuthoxyd enthalten ist [1]). Nachdem die Reduction (die man

1) Also etwa folgende Verhältnisse:
16 Grm. weinsteinsaures Wismuthoxyd in der eben nöthigen Menge Kali gelöst und mit Wasser zu 1 Litre aufgefüllt;
4 Grm. Zinnchlorür und 12 Grm. Weinsteinsäure in Kali gelöst und aufgefüllt zu 200—300 C. C.

man durch Erwärmen bis nahe zum Kochen beschleunigt) stattgefunden hat, fügt man zu dem Gemisch tropfenweise Aetzkalilösung, bis die während der Reduction entstandene Trübung (Siehe oben Seite 61) eben wieder verschwunden ist. Man erhält auf diese Weise eine Auflösung der bereits erwähnten Verbindung von weinsteinsaurem Zinnsäure-Wismuthoxydul in der *möglichst geringen* Menge Kali. Dieselbe ist so intensiv dunkelbraun gefärbt, dafs sie in starken Schichten ganz undurchsichtig erscheint; sie ist indefs, wennsonst die eben genügende Menge Kali hinzugefügt wurde, fast ganz klar, wovon man sich durch stärkere Verdünnung einer kleinen Probe leicht überzeugen kann. — Die tingirende Kraft der in dieser Lösung enthaltenen Verbindung ist ganz aufserordentlich stark, denn noch bei etwa 1000facher Verdünnung (d. h. 1000 Theile Wasser auf 1 Theil Wismuth) erhält man eine Flüssigkeit von dunkelrothbrauner, der des Portweins nicht unähnlichen, Farbe —

Versetzt man nun jene braune Lösung unter Kochen mit einer concentrirten Auflösung von kohlensaurem Natron — (mit demselben Erfolge können Chlornatrium, schwefelsaures Natron und wohl noch verschiedene andere Salze angewandt werden) — so entsteht bei einer gewissen Concentration, unter theilweiser oder gänzlicher Entfärbung der Flüssigkeit, ein dunkelbrauner voluminöser Niederschlag, der sich bei ruhigem Stehen ziemlich schnell und vollständig zu Boden senkt. Je mehr Weinsteinsäure (und Kali) in der Lösung enthalten ist, eine desto gröfsere Menge jener Salze ist zur Abscheidung des Niederschlages erforderlich und desto nöthiger ist es, diese letztere durch Kochen zu unterstützen. Nach Entfernung der über dem Niederschlage befindlichen Flüssigkeit übergiefst man denselben mit einer dem ursprünglichen Volumen des Gemisches gleichen Menge heifsen, ausgekochten Wassers, fügt wieder vorsichtig so viel Kali hinzu wie im ersten Falle — (wodurch indefs jetzt, da der gröfste Theil der Weinsteinsäure schon entfernt ist, keine völlige Lösung mehr

bewirkt wird) — und endlich unter Kochen wieder kohlensaures Natron, bis der Niederschlag wieder leicht und vollständig zur Abscheidung kommt. Man wiederholt diese Operation noch einige Male und zwar so lange, bis der Niederschlag mit kalihaltigem Wasser allein (ohne Salzzusatz) übergossen, sich leicht und vollständig daraus absetzt, und bis die davon abgehobene Flüssigkeit keinen oder doch nur einen sehr geringen Gehalt an Weinsteinsäure zu erkennen giebt. Der Niederschlag ist dann auch frei von Weinsteinsäure; ebenso ist er nach dem völligen Auswaschen frei von den Salzen, durch die er zur Abscheidung gebracht wurde: er stellt eine einfache Verbindung dar von Zinnsäure mit Wismuthoxydul. — Bei der hier beschriebenen Operation hat der Zusatz eines geringen Kaliüberschusses den doppelten Zweck: theils die Weinsteinsäure (der braunen Doppelverbindung) zu binden und in Lösung zu halten, — theils, den absichtlich zugefügten geringen Ueberschufs von weinsteinsaurem Wismuthoxyd-Kali (S. Seite 61) vor der Fällung durch die zugefügten Salze zu schützen [1]). Diese letzteren wirken, wie es scheint, ohne selbst eine Zersetzung zu erfahren, lediglich durch ihre Gegenwart als Salze. Es gehört die Erscheinung, dafs ein Salz aus seiner Lösung durch den Eintritt eines anderen Salzes zur Abscheidung gebracht wird, nicht eben zu den seltenen in der Chemie. Um als hierhergehöriges Beispiel nicht allein die Abscheidung der Seife durch Kochsalzlösung anzuführen, möge daran erinnert werden, dafs nach Figuier [2]) auch der Goldpurpur, eine der hier besprochenen sehr wahrscheinlich analog zusammengesetzte Verbindung, aus seiner Lösung in vielem Wasser durch Zusatz von Salmiak leicht und vollständig

1) In der neutralen Lösung von weinsteinsaurem Wismuthoxyd-Kali werden durch verschiedene Salze, z. B. Chlornatrium und schwefelsaures Natron (nicht durch kohlensaures Natron) weifse Niederschläge oder Trübungen hervorgebracht, die jedoch auf Zusatz von wenig Kali wieder vollständig verschwinden.

2) Journ. für pract. Chemie XXXIV. 65.

zur Abscheidung gebracht wird. So einfach wie in diesen Fällen scheint nun jedoch in dem vorliegenden die Wirkung der zugefügten Salze nicht zu seyn, denn dieselben bringen nicht nur ein Salz aus seiner wässrigen Lösung einfach zur Abscheidung, sondern sie bewirken zunächst gleichsam eine Spaltung der mehrfach besprochenen complicirten Verbindung (von Weinsteinsäure, Zinnsäure und Wismuthoxydul, gelöst in Kali) und erst dadurch die Abscheidung des einen Theiles derselben, — eben des zinnsauren Wismuthoxyduls. Ich weiſs nicht, ob ein solches Verhalten, vorausgesetzt, daſs ich dasselbe richtig interpretire, bisher schon beobachtet worden ist. —

Das nach dieser Methode abgeschiedene

zinnsaure Wismuthoxydul

kann nun ziemlich gut filtrirt und vollständig (mit ausgekochtem, schnell erkaltetem Wasser) ausgewaschen werden, ohne die bei der Filtration des weinsteinsauren Doppelsalzes (Siehe Seite 63) beobachteten Unannehmlichkeiten des trüben Durchgehens zu bieten. Auch erleidet es, selbst bei längerem Verweilen auf dem Filtrum, nur eine geringe Oxydation: der dichtere Zustand, in welchen es durch das Kochen (bei der Abscheidung) übergegangen ist, scheint es für den oxydirenden Einfluſs der Luft schwerer zugänglich gemacht zu haben. — Nach dem Auswaschen wird es zwischen Flieſspapier möglichst gut ausgepreſst und dann im Vacuum über Schwefelsäure oder bei 100° im trockenen Kohlensäurestrome getrocknet. Dabei vereinigt es sich zu harten, glasartig spröden Stückchen, die sich nur ziemlich schwierig zu einem dunkelschwarzbraunen Pulver zerreiben lassen. Es stellt in diesem Zustande ein Hydrat dar, denn über 100° hinaus (bis zum schwachen Glühen) erhitzt, verliert es noch eine beträchtliche Menge Wasser, welches eben wegen der hohen Temperatur, bei der es erst fortgeht, nicht mehr als hygroskopisches angesehen werden darf. — Während die bei 100° oder im Vacuum getrocknete Substanz (das Hydrat) sehr leicht

und vollständig durch Salpetersäure zersetzt werden kann, so ist diefs nicht mehr in gleichem Maafse der Fall, nachdem dieselbe bis zum Glühen erhitzt worden ist. Die Zinnsäure, die natürlich durch das Glühen in den unlöslichen Zustand übergeht, scheint sich dabei mit dem Wismuthoxydul, — wenigstens mit einem Theile desselben — zu einer festeren Verbindung zu vereinigen, die nun der völligen Zersetzung durch Säuren ziemlich hartnäckigen Widerstand leistet. Behandelt man die geglühte Substanz mit kochender Salpetersäure, so wird zwar ein grofser Theil des Wismuths dadurch aufgelöst, aber die Zinnsäure bleibt selbst nach lange fortgesetztem Kochen von hellbrauner Farbe und wismuthhaltig zurück. Es mufste also die Zersetzung der Substanz für den Zweck der Analyse auf andere Weise versucht werden. Nach folgender einfachen Methode hat sich diefs recht gut erreichen lassen. Man erhitzt die in einer genau tarirten Kugelröhre eingeschlossene Substanz im trockenen Kohlensäurestrome bis zum schwachen Glühen, läfst unter Kohlensäure erkalten, und bestimmt genau das Gewicht der wasserfreien Substanz. Darauf erhitzt man dieselbe im Wasserstoffstrome bis zu einer Temperatur (etwa 300° C.), die eben hinreicht, um die Reduction langsam von Statten gehen zu lassen. Zu schnelles und zu heftiges Erhitzen mufs vermieden werden, weil sich sonst das anfangs ausgeschiedene Metall zu gröfseren Kugeln vereinigt, die leicht kleine Theile der noch nicht reducirten Substanz umschliefsen und dieselben auf diese Weise der ferneren Einwirkung des Wasserstoffgases entziehen. Nach beendigter Reduction füllt man die Röhre wieder mit Kohlensäure und wägt sie: die Gewichtsabnahme ergiebt unmittelbar die Menge des mit dem Zinn und dem Wismuth verbunden gewesenen Sauerstoffs. Das in der Röhre zurückbleibende Metallgemisch kann nun, vorausgesetzt dafs die Reduction vollständig erfolgt war, leicht durch Salpetersäure oxydirt werden, wobei das Wismuthoxyd in Lösung übergeht, die Zinnsäure aber ungelöst zurückbleibt. Beide werden nach bekannten Methoden

quantitativ bestimmt. Aus den erhaltenen Zahlen ergiebt sich einfach der Gehalt an Zinn und Wismuth in der untersuchten Verbindung.

Die nach dieser Methode ausgeführten Analysen haben Folgendes ergeben:

A. Analysen der durch kohlensaures Natron abgeschiedenen Substanz.

I. 0,904 Grm. der schwach geglühten Substanz verloren bei der Reduction im Wasserstoffstrome:

0,098 Grm. = 10,84 Proc. Sauerstoff

In dem dabei erhaltenen Metallgemisch wurden gefunden:

0,161 Grm.	= 17,81 «	Zinn	} = 89,16
u. 0,645 Grm.	= 71,35 «	Wismuth	
	100,00		

Es gebrauchen aber 0,161 Grm. Zinn zur Bildung von Zinnsäure . . . . 0,045 Grm. Sauerstoff

und 0,645 Grm. Wismuth zur Bildung von Wismuthoxydul 0,050 « «

zusammen = 0,095 Grm. Sauerstoff

Die Analyse ergab: 0,098 « «

II. 2,062 geglühter Substanz (einer andern Bereitung als die zu Analyse I benutzte) verloren bei der Reduction im Wasserstoffstrome:

0,216 Grm. = 10,47 Proc. Sauerstoff

In dem rückständigen Metallgemisch wurden gefunden:

0,324 Grm.	= 15,71 «	Zinn	} = 89,18
u. 1,515 Grm.	= 73,47 «	Wismuth	
	99,65.		

Es bedürfen aber 0,324 Grm. Zinn zur Bildung von Zinnsäure . . . . 0,089 Grm. Sauerstoff

und 1,515 Grm. Wismuth zur Bildung von Wismuthoxydul 0,117 « «

zusammen = 0,206 Grm. Sauerstoff

Die Analyse ergab: 0,216 « «

B. Analysen der durch schwefelsaures Natron abgeschiedenen Substanz.

I. 1,136 Grm. geglühter Substanz verloren bei der Reduction im Wasserstoffgase:

0,115 Grm. = 10,12 Proc. Sauerstoff

Die Analyse des rückständigen Metallgemisches ergab einen Gehalt v. 0,197 Grm. = 17,34 « Zinn } = 90,13
u. 0,827 Grm. = 72,79 « Wismuth }

100,25.

0,197 Grm. Zinn gebrauchen zur Bildung von Zinnsäure . . . . 0,054 Grm. Sauerstoff
und 0,827 Grm. Wismuth zur Bildung von Wismuthoxydul 0,063 « «
also zusammen = 0,117 Grm. Sauerstoff
Die Analyse ergab: 0,115 « «

II. 2,828 Grm. geglühter Substanz (einer besondern Bereitung) verloren bei der Reduction:

0,296 Grm. = 10,47 Proc. Sauerstoff

In dem rückständigen Metallgemisch waren enthalten:
0,469 Grm. = 16,58 « Zinn } = 89,17
u. 2,053 Grm. = 72,59 « Wismuth }

99,64.

Es bedürfen aber 0,469 Grm. Zinn zur Bildung von Zinnsäure . . . . 0,129 Grm. Sauerstoff
und 2,053 Grm. Wismuth zur Bildung von Wismuthoxydul 0,158 « «
also zusammen: 0,287 Grm. Sauerstoff
Die Analyse ergab: 0,296 « «

C. Analysen der durch Chlornatrium abgeschiedenen Substanz.

I. 1,769 Grm. geglühter Substanz verloren bei der Reduction im Wasserstoffstrome:

0,183 Grm. = 10,34 Proc. Sauerstoff

Die Analyse des rückständigen Metallgemisches gab:

0,298 Grm. = 16,89 « Zinn } = 89,74
u. 1,288 Grm. = 72,85 « Wismuth }

100,08.

Es gebrauchen 0,298 Grm. Zinn zur Bildung von Zinnsäure . . . . 0,082 Grm. Sauerstoff
u. 1,288 Grm. Wismuth zur Bildung von Wismuthoxydul 0,099 « «

also zusammen: 0,181 Grm. Sauerstoff
Die Analyse ergab: 0,183 « «

II. 0,924 Grm. geglühter Substanz (einer andern Bereitung) verloren bei der Reduction:

0,100 Grm. = 10,83 Proc. Sauerstoff

In dem rückständigen Metallgemisch wurden gefunden:

0,177 Grm. = 19,16 « Zinn } = 88,96
u. 0,645 Grm. = 69,80 « Wismuth }

99,79.

Es gebrauchen aber 0,177 Grm. Zinn zur Bildung von Zinnsäure . . . . . 0,049 Grm. Sauerstoff
und 0,645 Grm. Wismuth zur Bildung von Wismuthoxydul 0,050 « «

also zusammen: 0,099 Grm. Sauerstoff
Die Analyse ergab: 0,100 « «

III. 1,288 Grm. (derselben Substanz wie in II), bei 100° im Kohlensäurestrome getrocknet, verloren beim schwachen Glühen: 0,194 Grm. = 15,07 Proc. Wasser. — Wird dieser Wassergehalt auf das Resultat der Analyse II verrechnet, so ergiebt sich für die bei 100° getrocknete Substanz folgende Zusammensetzung:

59,26 Proc. Wismuth.
16,27 « Zinn.
9,19 « Sauerstoff.
15,07 « Wasser.

99,79.

Eine Verbindung der Formel: BiO_2, SnO_2 würde folgende procentische Zusammensetzung haben müssen:

Bi = 2600	= 69,79	Proc.	Wismuth	} 89,25
Sn = 725	= 19,46	«	Zinn	
4 O = 400	= 10,75	«	Sauerstoff	
3725.	100,00.			

Von allen vorstehend aufgeführten Analysen stimmt hiermit nur eine und zwar die sub C. II. nahezu überein. In der Substanz, die dieses Resultat gab, ist deshalb auch der Wassergehalt bestimmt und (in der bei 100° getrockneten Substanz) = 15,07 Proc. gefunden worden, was auf die obige Formel bezogen, ziemlich genau 6 Aequivalenten Wasser entspricht. Ich bin demnach geneigt, die Formel: $BiO_2, SnO_2 + 6HO$ als den normalen Ausdruck für die hier in Rede stehende Verbindung zu betrachten. Dieselbe verlangt folgende procentische Zusammensetzung:

Bi =	2600 =	59,09	Proc.	Wismuth.
Sn =	725 =	16,48	«	Zinn.
4 O =	400 =	9,09	«	Sauerstoff.
6 HO =	675 =	15,34	«	Wasser.
	4400.	100,00.		

was mit den aus den Analysen C. II u. III berechneten Zahlen (s. oben) gleichfalls ziemlich nahe übereinstimmt.

Die Ergebnisse aller übrigen Analysen (der geglühten Substanz) weichen mehr oder weniger von den durch die obige Formel geforderten Zahlen ab, und zwar zeigt sich bei allen der Wismuthgehalt um einige Procente erhöht, während sich der Zinngehalt um ebensoviel niedriger ergeben hat. Dieses Steigen des Wismuthgehalts auf Kosten des Zinngehalts hat nichts Befremdliches, sobald man bedenkt, dafs bei der oben beschriebenen Methode für die Abscheidung des zinnsauren Wismuthoxyduls ein geringer Ueberschufs an Kali nur sehr schwer vermieden werden kann. Durch einen solchen aber, der unmöglich im einen Falle genau derselbe sein kann wie in einem andern, wird dem Niederschlage eine gröfsere oder kleinere Menge von Zinnsäure entzogen. Daher jene Schwankungen! Diesel-

ben sind übrigens der Art, dafs die in den analysirten Substanzen gefundenen Gehalte an Wismuth und Zinn sich stets zu einer Zahl ergänzen, die derjenigen (89,25) sehr nahe liegt, die sich aus der berechneten Zusammensetzung der Verbindung BiO_2, SnO_2 als Summe des Zinn- und Wismuthgehalts ergiebt. — Was den Sauerstoffgehalt der untersuchten Substanzen angeht, so zeigt sich — und darauf scheint es mir hier wesentlich anzukommen — betreffs dessen insofern eine genügende Uebereinstimmung, als derselbe in allen Analysen ziemlich nahe so grofs gefunden worden ist — (die Differenz beträgt in keinem Falle mehr als $\frac{1}{2}$ Proc.) —, wie eben die Voraussetzung ihn verlangt, dafs das Zinn als Zinnsäure und das Wismuth als Wismuthoxydul in der fraglichen Verbindung enthalten ist. Besonders aus diesem constanten Sauerstoffverhältnisse glaube ich den Schlufs ziehen zu dürfen, dafs die Verbindung als ein wirkliches zinnsaures Salz betrachtet werden mufs. Da aber nach Moberg's Untersuchungen [1]) der Typus der neutralen zinnsauren Salze durch die Formel RO, SnO_2 ausgedrückt wird, so ist die hier besprochene Verbindung offenbar basischer Natur, mufs also als *wasserhaltiges, basisch-zinnsaures Wismuthoxydul* bezeichnet werden.

Es lag die Vermuthung nahe, dafs eine entsprechende neutrale Verbindung, also

neutrales zinnsaures Wismuthoxydul

würde hervorgebracht werden können, wenn man anstatt des Zinnoxyduls unter sonst gleichen oder ähnlichen Umständen, 1 Aequivalent Zinnsesquioxyd (Sn_2O_3) auf 1 Aequivalent, Wismuthoxyd einwirken liefse, — etwa nach Angabe des Schema's: $BiO_3 + Sn_2O_3 = BiO_2, 2SnO_2$. Es ist diese Vermuthung durch den Versuch, annähernd wenigstens, bestätigt worden. — In der That, fügt man zu einer verdünnten Lösung von weinsteinsaurem Wis-

1) *Dissertatio chemica de stannatibus. Auct. A. Moberg Helsingfors* 1838; auch Journ. f. pract. Chem. 28. 230.

muthoxyd-Kali eine entsprechende Lösung von Zinnsesquioxyd[1]), so treten äufserlich ganz ähnliche Erscheinungen ein, wie bei der Anwendung von Zinnoxydul: das Flüssigkeitsgemisch färbt sich prächtig dunkelbraun, setzt aber wegen starker Verdünnung[2]) und wegen des Ueberschusses an Kali, der mit der Zinnlösung zugeführt wurde, keinen Niederschlag ab. Ist die Reaction beendigt, so versetzt man das Gemisch vorsichtig mit Weinsteinsäure, bis nur noch ein sehr geringer Ueberschufs an Kali vorhanden ist, der eben nur hinreicht, die Flüssigkeit klar zu erhalten.

1) Eine solche Lösung wird am Einfachsten auf folgende Weise erhalten: Man löst 1 Aequivalent (1 Theil) frischbereiteten Zinnchlorürs in Chlorwasserstoffsäure und fügt unter Erwärmen vorsichtig Salpetersäure hinzu, bis die Oxydation (zu Zinnchlorid) stattgefunden hat. Darauf verdünnt man mit Wasser und fällt unter Kochen durch kohlensaures Alkali das Zinnoxyd, welches zur Entfernung aller Salpetersäure gut ausgewaschen wird. Man übergiefst dasselbe mit einer Lösung von 3 Theilen Weinsteinsäure und fügt unter Erwärmen Kalilösung hinzu, bis Alles zu einer klaren Flüssigkeit aufgelöst ist, die nun gegen Pflanzenpigmente ziemlich neutral reagirt. — Zugleich bereitet man nach der oben angegebenen Vorschrift eine neutrale Lösung von 1 Aequivalent (1 Theil) Zinnchlorür in Weinsteinsäure und Kali und vermischt dieselbe mit der entsprechenden Zinnoxydlösung. Beim Vermischen der klaren Lösungen entsteht regelmäfsig eine Trübung, die indefs durch Zusatz von wenig Kali wieder beseitigt werden kann; auch erscheint auffallenderweise das Gemisch deutlich gelb gefärbt, obgleich die beiden Lösungen vor dem Vermischen vollkommen farblos waren. Dasselbe kann nun als eine Lösung von weinsteinsaurem Zinnsesquioxyd-Kali angesehen werden.

Zu ganz demselben Resultate gelangt man, wenn man nach der von Fuchs angegebenen Methode (durch Einwirkung von Eisenoxyd auf Zinnoxydul) Zinnsesquioxyd darstellt und dieses mit Weinsteinsäure und Kali behandelt. Es ist indefs, selbst nach der modificirten Methode von Berzelius, sehr schwierig, dieses Oxyd frei von Eisen zu erhalten, — ein Uebelstand, der im vorliegenden Falle um so lästiger erscheinen mufs, als alles vom Zinnsesquioxyde zurückgehaltene Eisen sich dem darzustellenden zinnsauren Wismuthoxydul beimischt und dann nicht mehr davon getrennt werden kann.

2) Die grofse Verdünnung — (es wurden auf 1 Theil Wismuthoxyd etwa 300 Theile Wasser angewandt) — hat zum Zweck, einer Reduction vorzubeugen, die bei der verhältnifsmäfsig grofsen, in diesem Falle anzuwendenden Menge von Weinsteinsäure in concentrirten Flüssigkeiten möglicherweise hätten eintreten können.

(Wollte man den anfänglichen Ueberschufs von Kali beibehalten, so würde dadurch dem nachher abzuscheidenden Niederschlage eine erhebliche Menge von Zinnsäure entzogen werden.) Aus dieser schwach kalischen Lösung bringt man nun durch Zusatz von Salzen (Chlornatrium, kohlensaures Natron) und unter Kochen die Verbindung von Zinnsäure und Wismuthoxydul zur Abscheidung, — ganz auf die Weise, wie es oben S. 65 beschrieben worden ist.

Diese Verbindung stimmt in ihren Eigenschaften mit der basischen (s. oben) sehr nahe überein; äufserlich unterscheidet sie sich von jener nur durch eine lockerere Beschaffenheit und eine etwas hellere Farbe, — Eigenschaften, die offenbar durch den höheren Gehalt an Zinnsäure bedingt sind. Ganz ebenso wie jene hält sie, bei 100° oder im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet, noch eine beträchtliche Menge Wasser zurück, welches erst bei stärkerem Erhitzen (bis zum schwachen Glühen) vollständig daraus entweicht, und welches deshalb als chemisch gebundenes angesehen werden mufs.

Die Analyse dieser Verbindung ist ganz ebenso ausgeführt worden, wie die der basischen (Siehe S. 68) und hat folgende Resultate ergeben:

A. Analyse der durch Chlornatrium abgeschiedenen Substanz.

I. 1,171 Grm. geglühter Substanz verloren bei der Reduction im Wasserstoffstrome:

0,154 Grm.	= 13,15	Proc. Sauerstoff
In dem rückständigen Metallgemisch wurden gefunden: 0,336 Grm. . . .	= 28,69	« Zinn
u. 0,667 Grm.	= 56,96	« Wismuth
	98,80.	

Es gebrauchen aber 0,336 Grm. Zinn zur Bildung von Zinnsäure	0,093	Grm. Sauerstoff
u. 0,667 Grm. Wismuth zur Bildung von Wismuthoxydul	0,051	« «
also zusammen:	0,144	Grm. Sauerstoff
Die Analyse ergab:	0,154	« «

Es mufs ausdrücklich bemerkt werden, dafs die zu dieser Analyse benutzte Substanz wegen schnell eintretender Oxydation nicht gehörig hatte ausgewaschen werden können und noch etwas Chlornatrium zurückhielt. Daher der Verlust der Analyse von 1,2 Proc. Wird dieser auf das Ganze verrechnet, so ergeben sich folgende Zahlen:

13,31	Proc.	Sauerstoff	
29,04	«	Zinn	86,69
57,65	«	Wismuth	
100,00.			

II. 1,330 Grm. derselben, bei 100° getrockneten Substanz verloren beim Glühen unter Kohlensäure 0,125 Grm. = 9,40 Grm. Wasser.

B. Analyse der durch kohlensaures Natron abgeschiedenen Substanz.

1,802 Grm. geglühter Substanz verloren bei der Reduction im Wasserstoffstrome:

0,235 Grm.	= 13,04	Proc.	Sauerstoff	
In dem rückständigen Metallgemisch wurden gefunden:				
0,513 Grm.	= 28,47	«	Zinn	86,96
u. 1,054 Grm.	= 58,49	«	Wismuth	
	100,00.			

Es gebrauchen aber 0,513 Grm. Zinn zur Bildung von Zinnsäure . . . . . 0,142 Grm. Sauerstoff
u. 1,054 Grm. Wismuth zur Bildung von Wismuthoxydul 0,081 « «
also zusammen: 0,223 Grm. Sauerstoff
Die Analyse ergab: 0,235 « «

Eine Verbindung der Formel: $BiO_2, 2SnO_2$, also neutrales zinnsaures Wismuthoxydul, würde folgende procentische Zusammensetzung haben:

Bi = 2600	56,02	Proc.	Wismuth	= 87,20
2Sn = 1450	31,18	«	Zinn	
6O = 600	12,90	«	Sauerstoff	
4650.	100,00.			

Der unter A. II in der bei 100° getrockneten Substanz bestimmte Wassergehalt (= 9,40 Proc.) entspricht etwa 4 Aequivalenten. Eine Verbindung der Formel: BiO_2, $2SnO_2 + 4HO$ würde 8,82 Proc. Wasser enthalten müssen.

Die Vergleichung der durch die Theorie geforderten und der durch die Analyse gefundenen Zahlen ergiebt hier ganz ähnliche Abweichungen, wie sie sich oben bei den Analysen der basischen Verbindung herausstellten. Auch hier — und offenbar aus demselben Grunde wie dort — findet sich der Wismuthgehalt auf Kosten des Zinngehalts etwas erhöht, doch auch so, dafs die beiden gefundenen Werthe sich zu der von der Theorie geforderten Zahl (87,20) nahezu ergänzen. Dafs der Sauerstoffgehalt in beiden Analysen beträchtlich höher gefunden worden ist, als die Voraussetzung ihn verlangt, möge aus dem Umstande erklärt werden, dafs diese neutrale Verbindung wegen ihrer lockereren Beschaffenheit eine weit gröfsere Neigung hat, sich während des Filtrirens und Auswaschens höher zu oxydiren, als diefs bei der oben besprochenen basischen Verbindung der Fall war.

Trotz dieser nicht unerheblichen Abweichungen von den Erfordernissen der Theorie glaube ich doch die hier besprochene Verbindung mit einiger Berechtigung als *wasserhaltiges, neutrales zinnsaures Wismuthoxydul* bezeichnen zu dürfen.

Aus der Betrachtung der so eben besprochenen Verbindungen geht nun unzweifelhaft hervor, dafs das Wismuthoxydul unter gewissen Umständen und Bedingungen die Rolle einer salzfähigen Basis zu spielen vermag: nicht nur gegen die schwache Zinnsäure verhält es sich als solche, sondern auch der starken Weinsteinsäure gegenüber (in den braunen, in Kali löslichen Doppelverbindungen) übernimmt es offenbar basische Functionen. Dabei mufs indefs bemerkt werden, dafs die Vereinigung desselben mit Säuren nur dann zu Stande zu kommen scheint, wenn es diesen im Entstehungsmomente dargeboten wird, — ganz ähnlich, wie diefs von anderen Oxydulen (Silberoxydul, Kupfer-

oxydul) bekannt ist, die sich auch hauptsächlich nur im *status nascens* mit Säuren verbinden. Es gebührt dem Wismuthoxydul also mit vollem Recht die Bennenung »*Oxydul,*« obgleich es sich, wie weiter unten gezeigt werden wird, in mancher Beziehung den sogenannten Suboxyden anolog verhält.

Uebergiefst man zinnsaures Wismuthoxydul im noch feuchten Zustande mit verdünnter Kalilösung und fügt tropfenweise Weinsteinsäure hinzu, so jedoch, dafs das Kali im Ueberschufs vorhanden bleibt, so entsteht eine intensiv dunkelbraune Lösung, ganz ähnlich der oben besprochenen, aus welcher das zinnsaure Wismuthoxydul durch Zusatz gewisser Salze abgeschieden wurde. Es scheint mir in diesem Verhalten der deutlichste Beweis dafür zu liegen, dafs in den anfänglich (bei der Einwirkung von weinsteinsaurem Zinnoxydul-Kali auf weinsteinsaures Wismuthoxyd-Kali) erzeugten Niederschlägen Weinsteinsäure als wesentlicher Bestandtheil enthalten ist, und dafs eben sie die Löslichkeit jener Niederschläge in verdünntem Kali bedingt. — Ist das zinnsaure Wismuthoxydul einmal getrocknet worden, so kann es mit Hülfe von Weinsteinsäure und Kali nicht mehr aufgelöst werden. Von mäfsig verdünnten Mineralsäuren hingegen wird es sowohl im feuchten, als auch im getrockneten — (nur nicht im geglühten) — Zustande zu einer braunen Flüssigkeit aufgelöst, die sich indefs unter Sauerstoffaufnahme aus der Luft sehr schnell entfärbt: es genügt, dieselbe ein paar Mal aus einem Gefäfse in ein anderes überzugiefsen, um ihre braune Farbe vollständig verschwinden zu sehen.

Von den Erscheinungen, die eintreten, wenn das getrocknete zinnsaure Wismuthoxydul bei Luftabschlufs mit trocknem Chlorwasserstoffgase behandelt wird, soll bei einer anderen Gelegenheit die Rede seyn. Auch von dem Verhalten des (in Wasser vertheilten) zinnsauren Wismuthoxyduls gegen Schwefelwasserstoffgas, bei Anwesenheit überschüssigen Alkalis, soll an einer späteren Stelle gehan-

delt werden. Was hier zunächst zur Sprache kommen mufs, ist das Verhalten desselben gegen concentrirte Auflösungen von Aetzkali.

Die Voraussetzung, dafs dem zinnsauren Wismuthoxydul wie es nach der im Vorstehenden beschriebenen Methode erhalten wurde, durch Behandlung mit concentrirter Kalilösung die Zinnsäure vollständig würde entzogen und also das Wismuthoxydul im reinen Zustande daraus würde abgeschieden werden können, hat sich nicht ohne Weiteres bestätigt.

Man erinnert sich aus dem Früheren, dafs es behufs Abscheidung dieser Verbindung aus ihrer Lösung in Weinsteinsäure und Kali unter dem Einflusse gewisser Salze durchaus nothwendig war, Kochhitze anzuwenden: — nur dadurch war es möglich, sie leicht und völlig frei von Weinsteinsäure zu erhalten, — nur dadurch möglich, sie aus dem flockig voluminösen, zu schneller Oxydation geneigten in den dichteren Zustand überzuführen, in welchem sie ohne Unbequemlichkeit zur Filtration gebracht werden konnte. Mit diesem dichteren Zustande aber geht, wie es den Anschein hat, eine festere und innigere Gebundenheit der Zinnsäure an das Wismuthoxydul Hand in Hand und diese eben scheint es zu seyn, welche der völligen Zerlegung der Verbindung durch Kali hindernd in den Weg tritt. — Digerirt man nämlich unter Kochen abgeschiedenes zinnsaures Wismuthoxydul mit concentrirter Kalilösung in wohl verschlossenen Gefäfsen, so wird zwar, während die braune Farbe der Verbindung nach und nach in immer dunklere Nüancen, zuletzt in Schwarz übergeht und während dieselbe an Volumen sehr bedeutend abnimmt, der gröfste Theil der Zinnsäure ausgezogen; vollständig geschieht diefs aber nicht. Läfst man nun auf den noch zinnhaltigen Rückstand kochende concentrirte Kalilösung einwirken, so wird von Neuem etwas Zinnsäure aufgenommen, dieselbe geht indefs nicht, wenigstens nicht ganz, in wirkliche Lösung über, sondern sie bleibt in der Kalilösung suspendirt

und ertheilt derselben ein milchicht trübes Ansehen [1]). Entfernt man diese trübe Flüssigkeit und ersetzt sie durch heifses ausgekochtes Wasser, so wird auch dieses milchicht getrübt, ebenso noch mehrere erneute Aufgüsse nach Entfernung der früheren; endlich tritt auf Wasserzusatz keine Trübung mehr ein. Aber auch jetzt enthält der Rückstand, dessen zuvor schwarze Farbe während des Kochens mit concentrirter Kalilösung in die graue übergegangen ist, immer noch Zinnsäure, von der er auch, wie es scheint, durch wiederholte Behandlung mit Aetzkali nicht (wenigstens auf nassem Wege nicht) vollständig befreit werden kann.

Wie schon im Vorhergehenden angedeutet wurde, lag die Vermuthung nahe, dafs die unter dem Einflusse des Kochens bewirkte innige Gebundenheit der Zinnsäure an das Wismuthoxydul der vollständigen Trennung beider durch Kali hindernd entgegenstehen möchte. Ich habe daher die Darstellung des Wismuthoxyduls aus seiner Verbindung mit Zinnsäure und Weinsteinsäure nach einer andern Methode versucht, bei welcher die Abscheidung des zinnsauren Wismuthoxyduls ohne Anwendung von Wärme bewirkt wurde, was sich bequem nur dann erreichen liefs, wenn zugleich die Anwendung der Weinsteinsäure von vornherein auf eine möglichst geringe Menge derselben beschränkt wurde. Diese Methode ist etwa folgende:

Man bereitet ganz in der Art wie es weiter oben angeführt worden ist, eine klare Auflösung von 1 Aequivalent (4 Theilen) neutralem weinsteinsaurem Wismuthoxyd in der möglichst geringen Menge Aetzkali, verdünnt dieselbe aber noch einmal so stark, als es für die Darstellung des zinnsauren Wismuthoxyduls (s. oben) nöthig erschienen war, so stark also, dafs auf 1 Theil aufgelösten Wismuthoxyds etwa 300 Theile Wasser in Anwendung kommen. Das

1) Möglicherweise rührt die Trübung von zinnsaurem Kali her, welches gleich dem schwefelsauren Kali in sehr concentrirter Kalilösung unauflöslich zu seyn scheint.

Das Wasser mufs (wie auch das bei allen folgenden Operationen anzuwendende) ausgekocht und in verschlossenen Gefäfsen schnell erkaltet seyn. Andererseits löst man 1 Aequivalent (1 Theil) frisch bereiteten Zinnchlorürs in einem möglichst geringen Ueberschufs von Aetzkali und verdünnt die Lösung so weit mit Wasser, dafs etwa 50—60 Theile derselben 1 Theil Zinnchlorür enthalten. Diese kalische Zinnlösung giefst man nun in einem dünnen Strahl in die Wismuthlösung, welche letztere dabei in stets schüttelnder Bewegung erhalten werden mufs, um ein schnelles und gleichmäfsiges Mischen der beiden Flüssigkeiten zu bewirken. Das Gefäfs, in welchem die Mischung vorgenommen wird, mufs luftdicht (am Besten vermittelst eingeriebenen Glasstöpsels) verschliefsbar seyn und von solchen Dimensionen gewählt werden, dafs es von dem Gemisch fast ganz angefüllt wird. — Während, wie man sich aus dem früher Mitgetheilten erinnern wird, beim Vermischen neutraler Lösungen von weinsteinsaurem Wismuthoxyd-Kali und weinsteinsaurem Zinnoxydul-Kali das Gemisch anfangs ganz farblos blieb und erst nach einiger Zeit die Braunfärbung eintrat, beginnt hier unmittelbar nach dem Zumischen der kalischen Zinnlösung die Reduction: schon nach Verlauf von einer Minute hat sich das ganze Gemisch dunkel castanienbraun gefärbt, so dunkel, dafs es in gröfseren Mengen ganz undurchsichtig ist und nur in dünnen Schichten mit prächtig dunkelbrauner Farbe durchscheint. Ohne Zweifel wird diese Beschleunigung der Reaction durch den Ueberschufs an Kali bewirkt, welcher mit der Zinnlösung dem Gemisch zugeführt worden ist. Damit indefs die Wirkung dieses überschüssigen Kalis nicht zu weit gehe und dasselbe nicht etwa (unter dem gleichzeitigen Einflusse der Weinsteinsäure) zur Abscheidung metallischen Wismuths Veranlassung gebe, ist eben die stärkere Verdünnung in diesem Falle gewählt worden. Die Reaction, die hier vorgeht, ist übrigens ganz dieselbe, von der weiter oben bereits die Rede war: das Wismuthoxyd und Zinnoxydul tauschen ein Aequivalent Sauerstoff aus und die

Verbindung von zinnsaurem Wismuthoxydul bleibt unter dem gemeinschaftlichen Einflusse der Weinsteinsäure und des überschüssigen Kalis gelöst.

Man überläfst nun das Gemisch längere Zeit (etwa eine Nacht über) ohne Anwendung aller Wärme ruhig sich selbst. Darauf fügt man zu demselben vorsichtig so lange von einer sehr stark verdünnten Schwefelsäure (1 Theil Schwefelsäure auf etwa 50 Theile Wasser), bis die saure Reaction schwach aber deutlich hervortritt und — was damit Hand in Hand geht — ein dunkelbrauner voluminöser Niederschlag zur Abscheidung kommt. Bei ruhigem Stehen des sorgfältig verschlossenen Gefäfses senkt sich dieser Niederschlag allmälig in einer lockeren Schicht zu Boden. Die darüber stehende Flüssigkeit ist meist noch mehr oder weniger intensiv braun gefärbt, hat aber eine ungemein grofse Neigung, sich bei Berührung mit der Luft unter Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffs vollständig zu entfärben. Auch der Niederschlag, wie er auf diese Weise zur Abscheidung gebracht wird, zeigt — jedenfalls wegen seiner lockeren flockigen Beschaffenheit — ein aufserordentlich grofses Streben, sich unter Weifsfärbung höher zu oxydiren und mufs deshalb vor der Berührung mit der Luft möglichst sorgfältig geschützt werden. In dieser leichten Oxydirbarkeit liegt auch der Grund, weshalb derselbe der quantitativen Analyse nicht hat zugänglich gemacht werden können.

Die Wirkung, welche die Schwefelsäure hier ausübt, besteht zunächst darin, dafs sie den in der braunen Lösung enthaltenen Ueberschufs von Kali neutralisirt und dadurch diejenige Verbindung zur Abscheidung bringt, welche bis dahin durch eben jenes überschüssige Kali in Lösung erhalten wurde, d. h. die bereits oben besprochene Verbindung von Weinsteinsäure, Zinnsäure und Wismuthoxydul. Da sie (die Schwefelsäure) indefs, behufs leichterer Abscheidung jener Verbindung, in einem geringen Ueberschufs angewandt werden mufs, so geht die Wirkung derselben in sofern noch weiter, als sie nicht unbeträchtliche Mengen

von Wismuthoxydul, so wie einen grofsen Theil der Zinnsäure und Weinsteinsäure in Lösung überführt [1]). Allem Anschein nach geht die Reaction so vor sich, dafs unter dem Einflusse der freien Säure eine basische Verbindung (eben der braune Niederschlag) abgeschieden und eine entsprechende saure in Lösung übergeführt wird. Es würde diese Wirkung ganz analog der seyn, welche der Zusatz von verdünnter Schwefelsäure auf eine neutrale Lösung von weinsteinsaurem Wismuthoxyd-Kali allein ausübt: es kommt dabei ein weifser flockiger Niederschlag zur Unterscheidung, der wesentlich aus basisch weinsteinsaurem Wismuthoxyd (mit Spuren von Kali) besteht, während in der darüberstehenden sauren Flüssigkeit viel Wismuthoxyd und der gröfste Theil der Weinsteinsäure aufgelöst enthalten ist. Durch diese Theilung der ursprünglichen Verbindung in basisches und saures Salz erleidet man nun zwar, da die braune über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit unbenutzt entfernt werden mufs, einen nicht unbeträchtlichen Verlust an Wismuthoxydul, zugleich aber entfernt man auf diese Weise — und eben darin besteht die vortheilhafte Wirkung der Schwefelsäure — einen grofsen Theil der ursprünglich angewandten Weinsteinsäure, wodurch die weitere Abscheidung des Wismuthoxyduls (aus dem braunen Niederschlage) wesentlich erleichtert wird.

Hat der Niederschlag sich völlig zu Boden gesenkt, so hebt man die darüberstehende Flüssigkeit davon ab, füllt das Gefäfs wieder beinahe ganz mit Wasser an und setzt nun vorsichtig Aetzkalilösung hinzu, bis der Niederschlag vollständig aufgelöst ist. Dafs derselbe sich jetzt noch in einem geringen Ueberschufs von Kali zur klaren Flüssigkeit auflöst, ist Beweis genug dafür, dafs unter dem Einflusse

1) In einem Falle, wo in der sauren, vom braunen Niederschlage möglichst sorgfältig abgeschiedenen Lösung der Gehalt an Zinn und Wismuth annähernd quantitativ bestimmt wurde, ergab sich derselbe zu 16,2 Proc. vom angewandten Wismuthoxyde und zu 38,3 Proc. von der dem angewandten Zinnchlorür entsprechenden Zinnsäure; es war also unverhältnifsmäfsig mehr Zinn als Wismuth in Lösung getreten.

der freien (allerdings sehr verdünnten) Schwefelsäure keine Abscheidung von metallischem Wismuth zu Stande gekommen ist. Die Lösung erscheint zwar in starken Schichten wegen ihrer dunklen Farbe nicht ganz klar, verdünnt man aber eine kleine Probe derselben mit mehr Wasser, so erhält man eine vollkommen klare und durchsichtige braune Flüssigkeit.

Aus der braunen kalischen Lösung entfernt man nun durch Zusatz von kohlensaurem Natron die Weinsteinsäure, — ganz auf dieselbe Weise, wie diefs oben (S. 58) ausführlich beschrieben worden ist, — mit dem Unterschiede jedoch, dafs hier alles Erwärmen sorgfältig vermieden wird. Zwar gelingt die vollständige Entziehung der Weinsteinsäure ohne Anwendung von Wärme nur ziemlich schwierig und langsam; endlich erhält man aber doch einen Rückstand (braunen Niederschlag), der bei einem sehr geringen Gehalte an Weinsteinsäure fast nur aus Zinnsäure und Wismuthoxydul besteht und dem nun, wohl nur weil er ohne Anwendung von Wärme zur Abscheidung gebracht wurde, — also der oben ausgesprochenen Vermuthung gemäfs — durch Behandlung mit concentrirtem Kali die Zinnsäure so gut wie vollständig entzogen werden kann.

Man bewirkt diefs einfach in der Weise, dafs man ihn unter allmäliger Uebertragung in kleinere (wohl verschliefsbare) Gefäfse mit immer concentrirterer Kalilösung behandelt, die zuletzt so concentrirt seyn mufs, dafs in etwa 5 — 6 Theilen derselben 1 Theil Kalihydrat enthalten ist. Man darf indefs nicht versäumen, ehe man die höchsten Concentrationsgrade der Kalilösung in Anwendung bringt, den Niederschlag wiederholt (durch Decantiren) mit Wasser auszuwaschen, um die kleine Menge Weinsteinsäure, die er noch enthält, gänzlich zu entfernen. Unterläfst man diese Vorsichtsmaafsregel, so wird unter dem gemeinschaftlichen Einflusse dieses kleinen Rückhaltes an Weinsteinsäure und der zuletzt anzuwendenden sehr concentrirten Kalilösung eine entsprechende kleine Menge des Wismuth-

oxyduls in Metall und Oxyd zerlegt. Dabei kommt es häufig vor, dafs sich an den Wänden des Gefäfses zahlreiche kleine krystallinische Körner von hellgelber Farbe ausscheiden, die, so weit die Prüfung der sehr geringen Menge derselben es zu beurtheilen gestattete, nur aus Wismuthoxyd zu bestehen scheinen. In demselben Maafse nun, als dem zinnsauren Wismuthoxydul unter dem Einflusse des Kalis die Zinnsäure entzogen wird, vermindert sich das Volumen desselben; zugleich geht die braune Farbe desselben in immer dunklere Nüancen über, bis endlich der Rückstand ganz schwarz erscheint. Man könnte glauben, derselbe sey nun reines Wismuthoxydul; — es ist diefs jedoch nicht der Fall; vielmehr darf man überzeugt seyn, dafs, so lange derselbe von rein schwarzer Farbe erscheint, noch geringe Mengen von Zinnsäure und auch noch Spuren von Weinsteinsäure dabei vorhanden sind. Behandelt man denselben ferner mit concentrirter Kalilösung und unterstützt die Einwirkung derselben durch mäfsige Digestionswärme (etwa 40° C.), so werden immer noch geringe Mengen von Zinnsäure und Weinsteinsäure — (unter dem Einflusse der letzteren auch kleine Mengen von Wismuth) — ausgezogen. Dabei verwandelt sich der zuvor schwarze flockige Rückstand allmälig in einen schwarzgrauen, krystallinischen, der sich, durch Schütteln im Gefäfse aufgeregt, sehr schnell in einer dünnen Schicht wieder zu Boden senkt. Von dieser Beschaffenheit abgeschieden, ist er frei von Zinn- und Weinsteinsäure. Er wird im verschlossenen Gefäfse mit heifsem luftfreien Wasser (durch Decantiren) vollkommen ausgewaschen, dann bei möglichst abgehaltener Luft filtrirt, darauf schnell zwischen Fliefspapier ausgeprefst und im Vacuum der Luftpumpe über Schwefelsäure getrocknet. Die so erhaltene Substanz besteht nun (s. unten) wesentlich aus *Wismuthoxydul.*

Mit Recht trifft die im Vorstehenden beschriebene Methode zur Darstellung des Wismuthoxyduls der Vorwurf zu grofser Complicirtheit, das um so mehr, als durch eben

diese Complicirtheit die Erzielung eines wirklich reinen Präparates, wenn nicht geradezu gehindert, so doch wesentlich erschwert wird. Denn wenn es einerseits nur schwierig und nur bei sehr sorgfältigem Arbeiten vermieden werden kann, dafs sich dem Oxydule kleine (unter dem reducirenden Einflusse der Weinsteinsäure abgeschiedene) Quantitäten metallischen Wismuths beimengen, so ist andererseits die Gefahr noch gröfser, dafs dasselbe während der langwierigen, zu seiner Abscheidung erforderlichen Operationen eine theilweise Oxydation, also eine Verunreinigung durch Wismuthoxyd erfahre. Dieser letztere Punkt springt vorzüglich dann in die Augen, wenn man bedenkt, dafs die voluminösen Lösungen, von denen bei der in Rede stehenden Methode ausgegangen werden mufs, oxydirenden Einflüssen einen im Verhältnifs ihres Volumens vermehrten Zutritt gestatten, und dafs doch schliefslich alle diese oxydirenden Einflüsse sich auf eine verhältnifsmäfsig nur geringe Ausbeute an Wismuthoxydul übertragen. Trotz dieser nachweislichen Fehlerquellen zeigen die folgenden Analysen deutlich, dafs das nach dieser Methode dargestellte Präparat der Hauptsache nach wirklich aus Wismuthoxydul besteht, und dafs jene Fehlerquellen jedenfalls zu gering sind, um über die wahre Zusammensetzung dieses Oxyduls Zweifel übrig zu lassen.

Die Analysen sind einfach auf die Art ausgeführt worden, dafs die unter Kohlensäure geglühte Substanz entweder im Wasserstoffstrome zu Metall reducirt oder bei Luftzutritt unter Glühen in Oxyd verwandelt und aus der Gewichtsabnahme in jenem, resp. der Gewichtszunahme in diesem Falle, der Gehalt der untersuchten Substanz an Wismuth und Sauerstoff berechnet wurde. Den Kohlensäurestrom, in welchem die Substanz während des Glühens erhalten wurde, liefs man, bevor er in die Reductionsröhre eintrat, über eine etwa fufslange Schicht rothglühender Kupferdrehspähne streichen, um ihm jede Spur von Sauerstoff zu entziehen.

Die Ergebnisse der so ausgeführten Analysen sind nun folgende:

I. 1,243 Grm. unter Kohlensäure geglühter Substanz verloren bei der Reduction im Wasserstoffstrome: 0,081 Grm. = 6,52 Proc. Sauerstoff und hinterliefsen 1,162 Grm. = 93,48 Proc. Wismuth, welches in Salpetersäure ohne Rückstend auflöslich war.

II. 2,338 Grm. Substanz (einer anderen Bereitung) unter Kohlensäure geglüht, verloren bei der Reduction im Wasserstoffstrome: 0,192 Grm. = 8,24 Proc. Sauerstoff und hinterliefsen 2,146 Grm. = 91,76 Proc. Wismuth, das gleichfalls in Salpetersäure ohne Rückstand auflöslich war.

III. 2,557 Grm. unter Kohlensäure geglühter Substanz (einer neuen Bereitung) verloren beim Erhitzen im Wasserstoffstrome: 0,198 Grm. = 7,74 Proc. Sauerstoff und hinterliefsen 2,359 Grm. = 92,26 Proc. Wismuth, welches in Salpetersäure bis auf eine sehr geringe Menge Zinnsäure (dieselbe wurde zu 0,3 Proc. bestimmt) auflöslich war.

IV. 3,040 Grm. Substanz (derselben Bereitung wie in III) verloren bei der Reduction: 0,233 Grm. = 7,66 Proc. Sauerstoff und hinterliefsen 2,807 Grm. = 92,34 Proc. Wismuth.

V. 1,421 Grm. Substanz (einer besonderen Bereitung) im trocknen Luftstrome so lange erhitzt, bis keine Gewichtszunahme mehr stattfand, gaben 0,461 Grm. Wismuthoxyd. Es entspricht diefs einem Gehalte von 0,112 Grm. = 7,88 Proc. Sauerstoff und 1,309 Grm. = 92,12 Proc. Wismuth in der untersuchten Substanz.

VI. 2,794 Grm. Substanz (einer besonderen Bereitung) gaben, bei Luftzutritt unter Hinzufügung einiger Tropfen Salpetersäure so lange erhitzt, bis keine Gewichtszunahme mehr stattfand: 2,876 Grm. Wismuthoxyd. Es entspricht diefs einem Gehalte von 0,216 Grm.

= 7,73 Proc. Sauerstoff und 2,578 Grm. = 92,27 Proc. Wismuth.

Die Analysen ergaben also:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Mittel.	
Bi =	93,48	91,76	92,26	92,34	92,12	92,27	92,37	Proc.
O =	6,52	8,24	7,74	7,66	7,88	7,73	7,63	»
							100,00.	

Eine Verbindung der Formel BiO_2 verlangt folgende Zahlen:

Bi	= 2600	92,857 Proc.	Wismuth
2O	= 200	7,143 »	Sauerstoff
	2800.	100,000.	

Das untersuchte Oxydul enthielt demnach im Durchschnitt 0,5 Proc. Sauerstoff mehr, als es nach der berechneten Zusammensetzung hätte enthalten dürfen; dasselbe war also — (mit Ausnahme des zu Analyse I benutzten, das offenbar etwas metallisches Wismuth beigemischt enthielt) — durch eine geringe Menge Wismuthoxyd verunreinigt. Ob dasselbe nach der hier besprochenen Methode überhaupt von gröfserer Reinheit wird erhalten werden können, als es mir gelungen ist, glaube ich fast bezweifeln zu müssen; wenigstens habe ich bei aller gemehrten Sorgfalt, mit der ich an jede neue Darstellung desselben herangegangen bin, die oben angedeuteten Fehlerquellen nicht vollständig zu beseitigen vermocht.

Es hat somit die im Vorstehenden ausführlich beschriebene Methode, obschon über die Bildungsverhältnisse und Eigenschaften des Wismuthoxyduls, sowie besonders über das basische Verhalten desselben zu gewissen Säuren manches Licht verbreitet, so doch die Darstellung dieses Oxyduls im völlig reinen Zustande (aus angegebenen Gründen) nicht gestattet.

Ich habe mich bei diesem Resultate nicht beruhigen zu dürfen geglaubt, habe vielmehr darin eine Aufforderung gefunden, die Darstellung des Wismuthoxyduls noch auf andere Weise zu versuchen. Dabei bin ich schliefslich auf eine Methode geführt worden, die bei gröfserer Einfachheit

im Vergleich zu der früheren, weit befriedigerende Resultate als jene ergeben hat. Ich theile darüber kurz Folgendes mit.

Fügt man zu einer Lösung von einem Aequivalent (29 Theilen) Wismuthoxyd in möglichst wenig Chlorwasserstoffsäure, nachdem dieselbe so weit mit Wasser verdünnt worden ist, als ohne bleibende Trübung angeht, eine durch wenig Chlorwasserstoffsäure klar erhaltene Lösung von einem Aequivalent (14 Theilen) frisch bereiteten Zinnchlorürs, so bleibt das Gemisch, selbst beim Erwärmen, vollkommen klar und farblos, es scheint gar keine Wirkung der beiden Oxyde auf einander stattzufinden. Versetzt man diese saure Lösung mit Aetzkali in kleinen Mengen, so entsteht auf jedesmaligen Zusatz desselben vorübergehend ein voluminöser, schmutzig schwarzbrauner Niederschlag, der indefs beim Umrühren unter Hinterlassung von etwas metallischem Wismuth (von schwarzer pulverförmiger Beschaffenheit) sofort wieder verschwindet. Es ist klar: der Ueberschufs an freier Säure gestattet dem anfänglich ausgeschiedenen Wismuthoxydul (resp. zinnsaurem Wismuthoxydul) eine fast nur momentane Existenz, dasselbe alsbald zerlegend in Wismuthoxyd, das sich auflöst, und in Wismuth, das ungelöst abgeschieden wird.

Giefst man umgekehrt die saure Lösung von Wismuthchlorid und Zinnchlorür in einem dünnen Strahl und unter fleifsigem Umrühren in eine mäfsig verdünnte Kalilösung (etwa 1 Theil Kalihydrat auf 16 Theile Wasser) und zwar mit der Vorsicht, dafs das Kali immer — selbst nach Hinzufügung der ganzen sauren Lösung — noch im Ueberschufs vorhanden bleibt, so entsteht ein voluminöser dunkelbrauner voluminöser Niederschlag, der sich in der farblosen kalischen Flüssigkeit leicht und vollständig zu Boden senkt und der wesentlich als eine Verbindung von Zinnsäure mit Wismuthoxydul angesehen werden mufs. Auch bei dieser Art, Zinnoxydul auf Wismuthoxyd einwirken zu lassen, findet also zwischen beiden ein einfacher Austausch von Sauerstoff statt: es entstehen Zinnsäure und Wismuthoxydul,

die — theilweise wenigstens — im *status nascens* zu einer salzartigen Verbindung zusammentreten [1]). Das freie Kali, in dessen Gegenwart dieser Austausch vor sich geht, ist in zu verdünnter Lösung enthalten, als dafs es die entstehende Zinnsäure sofort und vollständig zu binden und deren theilweise Vereinigung mit Wismuthoxydul zu hindern vermöchte. Zwar enthält (nach vollendeter Reaction) die über dem braunen Niederschlage stehende kalische Flüssigkeit eine sehr beträchtliche Menge Zinnsäure in Lösung, denn wenn dieselbe mit Chlorwasserstoffsäure schwach angesäuert wird, so bewirkt Schwefelwasserstoff darin einen bedeutenden gelben Niederschlag von Zinnsulfid; ein anderer (kleinerer) Theil der Zinnsäure befindet sich aber, wie gesagt, beim Niederschlage und — wie es wenigstens durch die gleichmäfsige braune Farbe dieses letzteren angedeutet scheint — mit dem Wismuthoxydul in chemischer Verbindung. Von einem bestimmten stöchiometrischen Verhältnifs beider kann indefs hier natürlich nicht die Rede seyn, da je nach der stärkeren oder schwächeren Concentration der Kalilösung eine gröfsere oder gerin-

1) Dies Verhalten des Wismuthoxyduls, sich in *statu nascenti* mit der gleichfalls im Entstehungsmomente befindlichen Zinnsäure chemisch zu verbinden, scheint auf eine gröfsere Anzahl entsprechender niederer Oxydationsstufen anderer Metalle Anwendung zu finden. In der That zeigen, wie ich mich durch vorläufige Versuche deutlich überzeugt habe, Kupferoxyd, Silberoxyd, Platinoxyd (und jedenfalls noch mehrere andere Oxyde) gegen Zinnoxydul (Zinnchlorür) ein dem Wismuthoxyde wenn nicht gleiches, so doch sehr ähnliches Verhalten, und ich glaube die Hoffnung aussprechen zu dürfen, dafs es mir gelingen wird, auf analoge Weise wie für dieses, so auch für jene Oxyde die entsprechenden zinnsauren Oxydulsalze — natürlich unter Anwendung gewisser Modificationen, wie sie durch die Natur der einzelnen Oxyde geboten sind — hervorzubringen. Auch die noch immer schwebende Frage nach der wahren Constitution des Goldpurpurs dürfte in der angedeuteten Richtung ihrer endlichen Erledigung näher geführt werden können.

Ich gehe hier absichtlich nicht weiter auf diesen Gegenstand ein, da er zu weit vom Plane der vorliegenden Arbeit abführen würde, behalte mir indefs vor, in einer demnächst zu veröffentlichenden Arbeit auf die Besprechung desselben ausführlich zurückzukommen.

gere Menge Zinnsäure aufgenommen, also dem Niederschlage entzogen wird.

Der braune Niederschlag zeigt nun im Allgemeinen viel Uebereinstimmung mit den oben (S. 67—73) besprochenen Niederschlägen von analoger Zusammensetzung. In Weinsteinsäure (bei gleichzeitiger Anwesenheit überschüssigen Kalis), sowie in verdünnter Chlorwasserstoffsäure ist er indefs nicht auflöslich, was vielleicht in dem geringeren Gehalte an Zinnsäure seinen Grund hat. Dem freien Luftzutritt ausgesetzt, nimmt er, indem er sich weifs färbt, begierig Sauerstoff auf; die Erzeugung desselben mufs defshalb in enghalsigen, wohl verschliefsbaren, ganz mit Flüssigkeit anzufüllenden Gefäfsen ausgeführt werden. Wird derselbe mit Kalilösung (in steigenden Graden der Concentration und zuletzt unter Anwendung mäfsiger Digestionswärme) behandelt, so wird ihm die Zinnsäure allmälig vollständig (oder bis auf Spuren) entzogen. Dabei geht, während sich gleichzeitig das Volumen bedeutend verringert, die Farbe desselben allmälig in Schwarz, endlich, wenn alle Zinnsäure entfernt ist, in Schwarzgrau über. Was nun zurückbleibt, ein schweres schwarzgraues Pulver von mehr oder weniger deutlich krystallinischer Anordnung, ist *Wismuthoxydul.* Dasselbe wird ganz auf dieselbe Art, wie es oben (S. 85) angegeben worden ist, gewaschen, filtrirt und im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet.

Für die Darstellung eines reinen Wismuthoxyduls nach der hier beschriebenen Methode ist es, wie man leicht sieht, nothwendige Bedingnng, genau aequivalente Mengen von Wismuthoxyd und Zinnoxydul (Zinnchlorür) zur Reaction zu bringen: — überschüssiges Wismuthoxyd wird sich als solches dem Oxydule beimischen; ein Ueberschufs an Zinnchlorür aber wird, da dieses auf das Wismuthoxydul ferner reducirend einzuwirken vermag, zur Abscheidung metallischen Wismuths Veranlassung geben. Zwar kann nun jener Bedingung nicht mit absoluter Genauigkeit entsprochen werden, — theils, weil das Zinnchlorür bei seiner Auflösung vor einer geringen Oxydation nicht völlig ge-

schützt werden kann, — theils weil das Aequivalent des Zinns überhaupt noch nicht mit genügender Sicherheit festgestellt ist; bei Anwendung reiner Präparate und bei möglichst sorgfältigem Arbeiten läfst sich indefs der mögliche Fehler auf einen sehr geringen zurückführen, — zu gering jedenfalls, als dafs dadurch die Reinheit des erhaltenen Oxyduls in irgend erheblicher Weise beeinträchtigt werden könnte. Die nachfolgenden Analysen werden diefs, hoffe ich, beweisen. Dieselben sind nach derselben Methode wie die früheren (S. 86) ausgeführt worden und haben Folgendes ergeben:

I. 1,808 Grm. Substanz, unter Kohlensäure geglüht, erlitten beim Erhitzen im Wasserstoffstrome einen Verlust von 0,127 Grm. = 7,02 Proc. Sauerstoff und hinterliefsen 1,681 Grm. = 92,98 Proc. Wismuth, das bis auf einen höchst unbedeutenden, keinenfalls wägbaren, schwarzen Rückstand in Salpetersäure auflöslich war.

II. 2,5715 Grm. der im Vacuum (und dann noch einmal bei 100° C. unter Kohlensäure) getrockneten Substanz (derselben Bereitung) verloren beim Glühen 0,028 Grm. = 1,08 Proc. Wasser.

Die geglühte Substanz = 2,5435 Grm. verlor bei der Reduction im Wasserstoffstrome 0,179 Grm. = 7,04 Proc. Sauerstoff; es blieben 2,3645 Grm. = 92,95 Proc. metallischen Wismuths.

III. 2,101 Grm. unter Kohlensäure geglühter Substanz (derselben Bereitung) gaben beim Glühen unter freiem Luftzutritt: 2,175 Grm. Wismuthoxyd von schöner citronengelber Farbe. Die Zunahme von 0,074 Grm. Sauerstoff entspricht einem Gehalte von 0,151 Grm. = 7,18 Proc. Sauerstoff und 1,950 Grm. = 92,82 Proc. Wismuth in der untersuchten Substanz.

IV. 1,179 Grm. bei 100° getrockneter Substanz (einer besonderen Bereitung) verloren beim Glühen 0,011 Grm. = 0,93 Proc. Wasser.

V. 2,2665 Grm. geglühte Substanz (einer neuen Bereitung)

verloren bei der Reduction im Wasserstoffstrome: 0,167 Grm. = 7,36 Proc. Sauerstoff und hinterliefsen 2,0995 Grm. = 92,64 Proc. Wismuth.

VI. 2,865 Grm. bei 100° getrockneter Substanz (derselben Bereitung) verloren beim Glühen unter Kohlensäure 0,029 Grm. = 1,01 Proc. Wasser.

Der geglühte Rückstand = 2,836 Grm. erfuhr bei der Reduction einen Verlust von 0,210 Grm. = 7,40 Proc. Sauerstoff und hinterliefs also 2,626 Grm. = 92,60 Proc. Wismuth, welches (wie auch das in Analyse V erhaltene) bis auf einen sehr geringen Rückstand von schwarzbrauner Farbe in Salpetersäure auflöslich war.

VII. 2,351 Grm. unter Kohlensäure geglühter Substanz gaben bei der Oxydation unter Aufnahme von 0,079 Grm. Sauerstoff, 2,430 Grm. Wismuthoxyd; es entspricht diefs für die geglühte Substanz einem Gehalte von 0,172 Grm. = 7,31 Proc. Sauerstoff und 2,179 Grm. = 92,69 Proc. Wismuth.

In der wasserfreien Substanz wurden also gefunden:

	I.	II.	III.	V.
Bi =	92,98 Proc.	92,95	92,82	92,64
O =	7,02 »	7,04	7,18	7,36.

	VI.	VII.	Mittel.	Theorie.
Bi =	92,60 Proc.	92,69	92,78	92,875
O =	7,40 »	7,31	7,22	7,143
			100,00.	100,000.

Was den gefundenen Wassergehalt betrifft, so möchte man wegen der Kleinheit desselben fast Anstand nehmen, ihm an der Constitution des (bei 100° getrockneten) Oxyduls einen wesentlichen Antheil beizumessen. Derselbe beträgt im Durchschnitt nur 1 Proc., was nahezu einem Aequivalent Wasser auf 4 Aequivalente Wismuthoxydul entsprechen würde. Sollten sich hier die ungewöhnlichen Verhältnisse wiederholen, denen wir beim Kupferoxydule begegnen, dessen Hydrat auf 4 Aequivalente Oxydul bekanntlich auch nur 1 Aequivalent Wasser ($4Cu_2O + HO$)

enthält? Nach den wenigen, mir bis jetzt vorliegenden Versuchen scheint es in der That so, doch wage ich nicht, allein daraus die obige Frage mit Bestimmtheit zu entscheiden. Fortgesetzte Versuche werden zeigen, was das Richtige sei.

In der bei 100° getrockneten Substanz wurden gefunden:

	II.	IV.	V.	Mittel.
Bi, O	98,92 Proc.	99,07 Proc.	98,99 Proc.	98,99 Proc.
HO	1,08 «	0,93 «	1,01 «	1,01 «
				100,00.

Die Formel $4BiO_2 + HO$ verlangt folgende Zahlen:

		Berechnet:	Gefunden:
$4BiO_2$ =	11200	99,01 Proc.	98,99 Proc.
HO =	112,5	0,99 «	1,01 «
	11312,5.	100,00.	100,00.

Nachträglich verdient bemerkt zu werden, dafs auch das nach der frühern Methode dargestellte Wismuthoxydul beim Glühen eine kleine Menge Wasser ausgab, die aber, weil ich sie eben wegen ihrer Kleinheit für unwesentlich hielt, dort nicht quantitativ bestimmt worden ist.

Die Eigenschaften des nach der einen oder andern Methode dargestellten Wismuthoxyduls sind nun folgende:

Im Hydratzustande (d. h. im Vacuum oder bei 100° getrocknet) stellt es ein graulichschwarzes schweres Pulver dar, welches unter dem Polirstahl einen tief schwarzen, durchaus nicht metallischen Strich giebt. Unter dem Mikroskope zeigt es sich (jedoch nicht immer gleich deutlich) krystallinisch und, wenn es mit der nöthigen Vorsicht bereitet wurde, frei von metallischen Beimengungen. Aus seiner Verbindung mit Zinnsäure, resp. Weinsteinsäure einmal abgeschieden, kann es durch stärkere Säuren nicht wieder aufgelöst werden, sondern es zerfällt, damit behandelt, nach Art der Suboxyde in Wismuth und Wismuthoxyd, welches letztere sich in der zugefügten Säure auflöst. Bei Anwendung von Chlorwasserstoffsäure, Schwefelsäure oder ver-

dünnter Salpetersäure bleibt das abgeschiedene Metall (in der Kälte wenigstens) ungelöst; läfst man hingegen concentrirte Salpetersäure auf das Wismuthoxydul einwirken, so findet zwar im ersten Augenblicke auch die Theilung in Oxyd und Metall statt; sehr bald erfolgt dann aber die Auflösung des ausgeschiedenen Metalls unter lebhafter Gasentwicklung. Die Angabe Vogel's (s. oben S. 52), wonach das Wismuthoxydul als solches in heifser Chlorwasserstoffsäure auflöslich sein soll, habe ich nicht bestätigt gefunden. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dafs die Löslichkeit von Vogel's Wismuthoxydul durch den Gehalt desselben an Zinn (Zinnsäure), von dem es nicht ganz befreit werden konnte, bedingt war; der Verbindung von Zinnsäure und Wismuthoxydul kommt allerdings, wie ich schon oben (S. 78) anführte, die Eigenschaft zu, in verdünnter Chlorwasserstoffsäure (mit brauner Farbe) auflöslich zu seyn.

Im feuchten Zustande (wie es nach dem Filtriren und Auspressen erhalten wird) dem freien Luftzutritt ausgesetzt, nimmt das Wismuthoxydul ziemlich schnell Sauerstoff auf, indem es sich oberflächlich mit einer weifsen Schicht von Wismuthoxydhydrat umkleidet. Das im Vacuum getrocknete Oxydul zeigt bei gewöhnlicher Temperatur nur ein ziemlich geringes Streben, sich höher zu oxydiren, wird es aber bei Luftzutritt erhitzt, so verglimmt es augenblicklich zu gelbem Wismuthoxyde. Bei Luftabschlufs (unter Kohlensäure) geglüht, verwandelt es sich unter Abgabe seines Wassers und mit Beibehaltung seiner krystallinischen Beschaffenheit in ein hellgraues, etwas zusammenbackendes Pulver, welches nun die wasserfreie, dem gelben Oxyde entsprechende Verbindung darstellt. Dieselbe Veränderung scheint es zu erleiden, wenn es mit sehr concentrirter Kalilösung längere Zeit gekocht wird. Ist es einmal bei Luftabschlufs geglüht worden, so erleidet es selbst bei längerem Liegen an der Luft keine sichtbare Oxydation; wird es aber dann bei Luftzutritt bis zum Glühen erhitzt, so geht es unter Sauerstoffaufnahme allmälig in Wismuthoxyd

von schöner citronengelber Farbe über; doch mufs das Glühen ziemlich lange fortgesetzt werden, ehe die Umwandlung in Oxyd vollständig stattgefunden hat. Die krystallinische Beschaffenheit des Oxyduls wird dabei manchmal auf das Oxyd übertragen.

Es verhält sich demnach das Wismuthoxydul in mancher Beziehung nach Art der sogenannten Suboxyde; sein oben ausführlich besprochenes Verhalten gegen Zinnsäure und Weinsteinsäure weist indefs aus, dafs es basische Eigenschaften besitzt; — es wird also mit Recht ein *Oxydul* genannt. — Dafs dasselbe aber wirklich eine eigenthümliche, wohl charakterisirte Oxydationsstufe und nicht etwa nur ein Gemenge von Metall und Oxyd darstellt, — darüber dürften nach Allem, was die vorliegende Untersuchung ergeben hat, kaum noch Zweifel übrig bleiben.

Schlüsse.

Die Resultate, zu denen die vorliegende Untersuchung geführt hat, lassen sich kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen:

I. Beim Erhitzen von weinsteinsauren Wismuthoxydsalzen (resp. Doppelsalzen) im Wasserstoffstrome wird nur vorübergehend die Bildung von Wismuthoxydul beobachtet, während unter tiefergreifender Zersetzung der Salze das Wismuthoxyd theilweise zu metallischem Wismuth reducirt wird (S. 49).

II. Beim Erhitzen von schwefelsaurem Wismuthoxyd-Kali im Wasserstoffstrome wird aufser Schwefelsäure und Wasser etwas schweflige Säure ausgegeben und ein schwarzer Rückstand erhalten, der neben vielem Wismuthoxydul etwas Schwefelwismuth enthält (S. 50).

III. Das Wismuthoxyd wird unter dem reducirenden Einflusse des Zuckers (bei gleichzeitiger Anwesenheit freien Alkali's) direct in metallisches Wismuth übergeführt (S. 51).

IV. Beim Vermischen concentrirter Lösungen von salpetersaurem Wismuthoxyd und Weinsteinsäure wird neutrales

trales weinsteinsaures Wismuthoxyd erhalten. Das lufttrockene Salz hat die Formel: $BiO_3, 3(C_4H_2O_5) + 6HO$; das bei 100° getrocknete die Formel: $BiO_3, 3(C_4H_2O_5) + HO$ (S. 55—57).

V. Das Wismuthoxyd kann mit Hülfe von Weinsteinsäure und Alkali in Lösungen (von Doppelsalzen) übergeführt werden, die nicht durch Wasser (in der bekannten Weise) zerlegt werden, und aus denen durch überschüssiges Alkali kein Wismuthoxyd niedergeschlagen wird (S. 58).

VI. Gleich dem Wismuthoxyde kann auch das Zinnoxydul vermittelst Weinsteinsäure und Alkali in Lösungen erhalten werden, in denen durch Wasser und Aetzkali keine Fällungen bewirkt worden (S. 61).

VII. Bei der Einwirkung von weinsteinsaurem Zinnoxydul-Kali auf weinsteinsaures Wismuthoxyd-Kali entstehen eigenthümliche Doppelverbindungen von Wismuthoxydul, Zinnsäure nnd Weinsteinsäure, die in einem geringen Ueberschufs an Kali (bei Anwesenheit einer genügenden Menge Wasser) zu prächtig dunkelbraunen Flüssigkeiten auflöslich sind (S. 62—63).

VIII. Die Zinnsäure scheint in diesen Verbindungen (ähnlich wie die Borsäure in Boraxweinstein) die Rolle einer Basis zu spielen (S. 62).

IX. Das Wismuthoxydul kann aus seiner Verbindung mit Weinsteinsäure und Zinnsäure nicht durch directe Behandlung mit concentrirtem Kali abgeschieden werden (S. 64—65).

X. Durch Zusatz gewisser Salze (kohlensaures Natron, schwefelsaures Natron, Chlornatrium) werden aus der schwach kalischen Lösung des weinsteinsauren Zinnsäure-Wismuthoxyduls Verbindungen von Zinnsäure und Wismuthoxydul abgeschieden (S. 68).

XI. Es können auf diese Weise, je nachdem man Zinnoxydul oder Zinnsesquioxyd auf Wismuthoxyd einwirken läfst, 2 Verbindungen von Zinnsäure mit Wismuthoxydul hervorgebracht werden: eine basische $= BiO_2$,

$SnO_2 + 6HO$ und eine neutrale $= BiO_2, 2SnO_2 + 4HO$ (S. 69 — 72).

XII. Das Wismuthoxydul vermag also unter gewissen Umständen die Rolle einer salzfähigen Basis zu spielen (S. 73).

XIII. Ist das zinnsaure Wismuthoxydul unter Kochen (durch Zusatz der oben erwähnten Salze) abgeschieden worden, so kann ihm durch Kali die Zinnsäure nicht vollständig entzogen werden (S. 80).

XIV. Es gelingt diefs hingegen, wenn das zinnsaure Wismuthoxydul ohne Anwendung von Wärme zur Abscheidung gebracht worden ist (S. 80—85).

XV. Giefst man eine Lösung von 1 Aequivalent Wismuthoxyd und 1 Aequivalent Zinnchlorür (in Chlorwasserstoffsäure) in eine mäfsig concentrirte Kalilösung, so entsteht ein schwarzbrauner, voluminöser Niederschlag, der aus Zinnsäure und Wismuthoxydul besteht, und dem die erstere durch Behandlung mit concentrirter Kalilösung vollständig (oder bis auf Spuren) entzogen werden kann (S. 89 — 91).

XVI. Das Wismuthoxydul ist zusammengesetzt nach der Formel BiO_2 ($Bi = 2600$) und mufs als eine eigenthümliche, wohl charakterisirte Oxydationsstufe des Wismuths angesehen werden (S. 94—96).

Berlin, im November 1852.

IV. *Ueber die epoptischen Farben der einaxigen Krystallplatten und der dünnen Krystallblättchen im linear-polarisirten Lichte; von E. Wilde.*

Die Geschichte der Theorie dieser Farben.

Dafs der Kalkspath einem Lichtstrahle, der ihn durchdrungen hat, verschiedene Eigenschaften an verschiedenen Seiten ertheile, ist schon von Newton behauptet worden [1]), nachdem Huygens an zwei auf einander gelegten Kalkspath-Rhomboëdern die Entdeckung gemacht hatte, dafs zwar die gewöhnlichen Strahlen des unteren Krystalls auch im oberen gewöhnlich und die ungewöhnlichen des unteren auch im oberen ungewöhnlich gebrochen werden, wenn die Hauptschnitte beider Rhomboëder in dieselbe Ebene fallen, dafs aber die gewöhnlichen Strahlen des unteren Kalkspaths im oberen ungewöhnlich, und die ungewöhnlichen des unteren im oberen gewöhnlich gebrochen werden, wenn man den Hauptschnitt des oberen Rhomboëders senkrecht gegen den des unteren stellt. Da also ein und derselbe Strahl, je nachdem die Lage des oberen Krystalles eine andere ist, bald gewöhnlich und bald ungewöhnlich gebrochen wird, so wurde Newton eben hierdurch zu jenem Ausspruche veranlafst.

Erst nach der langen Zwischenzeit von mehr als hundert Jahren wurde die Wahrheit jener Behauptung Newton's völlig aufser Zweifel gesetzt, als Malus im Jahre 1808 die von der untergehenden Sonne erleuchteten Fenster des Palastes Luxemburg in Paris (von denen polarisirte Strahlen reflectirt wurden) zufällig durch ein doppeltbrechendes Kalkspathprisma betrachtete und bemerkte, dafs die beiden Bilder eines jeden Fensters ihre Intensität ununterbrochen änderten, wenn das Prisma vor dem Auge herumgedreht wurde. Viele, vornehmlich auch die Kry-

1) *Opt. lib. III. quaest.* 28.

stalle betreffende Entdeckungen reiheten sich in kurzen Zwischenzeiten an die nunmehr feststehende Thatsache an, dafs die Lichtstrahlen nach ihrem Durchgange durch einen Kalkspath nach verschiedenen Seiten des Raumes sich verschieden verhalten.

Arago war der erste, der im Anfange des Jahres 1811, bald nach seiner Rückkehr von den Balearischen Inseln, wo er gemeinschaftlich mit Biot eine Gradmessung der Erde vollendet hatte, auf einer Bergkrystallplatte, die etwa 6 Millimeter dick war, lebhafte Farben erblickte, als er die Platte zwischen die Spiegel eines Polarisationsapparates gebracht hatte. Auch war es Arago, der nicht nur in eben jener Zeit die prachtvollen Farben, die von dünnen Krystallblättchen im polarisirten Lichte entwickelt werden, zuerst beobachtete, sondern auch dadurch, dafs er die polarisirten Strahlen nöthigte, nur längs der Axe des Bergkrystalls sich fortzupflanzen, ein von der Natur gegebenes Beispiel für die später von der Theorie geforderte circulare Polarisation des Lichtes fand [1]. Bald hernach im Jahre 1813 wurden von Brewster farbige Curven auch um die Axe des Berylls und um die Axen des zweiaxigen Topases und anderer Krystalle [2], von Wollaston im Juli 1814 um die Axe des Kalkspaths [3], und im folgenden Jahre um die Axe desselben Krystalls auch von Biot (30. Novbr. 1815) und Seebeck (30. Decbr. 1815) [4]) entdeckt, ohne dafs beiden die bereits von Wollaston gemachte Beobachtung bekannt war.

Wenn man auch von der farblosen (*achromatischen*) Polarisation des Lichtes nicht behaupten kann, dafs ihre Entdeckung unserer Zeit angehöre, weil diese Art der Polarisation, wie gesagt, in einem einzelnen Falle schon von Huygens beobachtet war, so ist doch die Kenntnifs der

1) *Mém. de l'Institut*, 1811. *pag.* 1 und *pag.* 115. Gilbert's Ann. Bd. 40, S. 145 und Bd. 46, S. 1.
2) *Philos. Transact. of the Society of London*, 1814. *pag.* 202.
3) *Ibid.* 1818. *pag.* 213.
4) *Traité de Phys. par Biot, tom. IV. pag.* 542.

farbigen (*chromatischen*) Polarisation ein ausschliefsliches Eigenthum der neuesten Zeit, weil man vor dem Jahre 1811 nirgends auch nur die entfernteste Andeutung einer solchen Modification des Lichtes findet.

Gleich nach der Entdeckung der chromatischen Polarisation war besonders Biot bemüht, die Bedingungen, von denen das Entstehn dieser Farben abhängt, durch sorgfältige Beobachtungen zu ergründen, die ihn endlich zu folgendem Gesetze führten, das ich mit seinen eigenen Worten [1]) anführen will: »Wenn ein weifser polarisirter Lichtstrahl senkrecht auf ein Blättchen Glimmer, Talk oder Bergkrystall fällt, das parallel mit der Axe der Krystallisation (der optischen Axe) geschnitten ist, so dringen alle Lichttheilchen bis zu einer geringen Tiefe ein, ohne irgend eine merkliche Ablenkung in der Richtung ihrer Axen (Polarisationsebenen) zu erleiden. Wenn sie aber bis zu dieser Gränze gelangt sind, die für verschiedenartige Farben verschieden ist, so beginnen die Axen aller Lichttheilchen, wie die Unruhe einer Uhr, Schwingungen um ihren Schwerpunkt. Diese Schwingungen sind für die Lichttheilchen aller Farben von gleicher Ausdehnung, ihre Geschwindigkeit aber ist verschieden. Die violetten Theilchen oscilliren schneller als die blauen, diese schneller als die grünen, und so fort bis zu den rothen, die unter allen am langsamsten schwingen. Diese Ungleichheit der Geschwindigkeit bewirkt es, dafs bei einer verschiedenen Dicke der Blättchen sich immer verschiedene Farben an den beiden Gränzen der Schwingungen befinden, wodurch die beiden Lichtbündel entstehn, die man bei dem Analysiren des durchgegangenen Lichtes beobachtet.«

Es ist diefs die berühmte Hypothese der *beweglichen Polarisation* (*polarisation mobile* im Gegensatze zu der *polarisation fixe*, wenn die Polarisationsebenen keine Schwingungen machen), die für immer ein geschichtliches Denkmal der grofsen Sorgfalt bleiben wird, mit der Biot seine Beobachtungen anstellte. Abgesehen aber davon, dafs diese

1) *Traité de Phys. par Biot, tom. IV. pag.* 388. Gilbert's Ann. Bd. 46, S. 16.

Hypothese keine Auskunft über die circulare oder elliptische Polarisation der Lichtstrahlen giebt, die sie unter gewissen Bedingungen in den Quarzen annehmen, so läfst sie auch die Frage unbeantwortet, woher denn die Polarisationsebenen der Strahlen, die einen Krystall durchdringen, die Eigenschaft der »Schwingungen um ihren Schwerpunkt« erlangen sollen, und weshalb diese Schwingungen nicht sogleich bei dem Eintritte der Strahlen in den Krystall beginnen.

Einen Aufschlufs über diese Fragen und überhaupt über den Sinn der nicht recht klaren Hypothese kann nur die Undulationstheorie geben. Stellt nämlich (Fig. 1, Taf. II) *Pp* die Polarisationsebene eines homogenen Strahles, *cd* seine Schwingungsweite [1]), und *Hh* den Hauptschnitt des

1) So wie in meinen früheren Abhandlungen, nehme ich auch hier an, dafs die Aetherschwingungen in den durch Reflexion polarisirten Strahlen senkrecht gegen die Reflexionsebene (Polarisationsebene), in den durch Brechung polarisirten also parallel mit dieser Ebene erfolgen.

Dafs die Aethervibrationen in diesem Sinne geschehen, wurde bekanntlich zuerst von Fresnel behauptet, der bei seinen hierher gehörigen theoretischen Untersuchungen zwar die Elasticität des Aethers in verschiedenen Stoffen, in der Luft z. B. und im Glase, als gleich, die Dichtigkeit desselben aber als verschieden annahm. Eben diese Ansicht über die Richtung der Aetherschwingungen wurde später auch von anderen hervorragenden Autoritäten, wie namentlich von Cauchy, Airy und Moigno vertheidigt.

Von einer entgegengesetzten Ansicht über die Natur des Aethers gehen Neumann, Mac Cullagh, Babinet, Broch und Andere aus, die dem Aether in verschiedenen Stoffen zwar eine verschiedene Elasticität, aber eine gleiche Dichtigkeit beilegen, und aus dieser Voraussetzung finden, dafs die Aethervibrationen in einem durch Reflexion polarisirten Strahle in der Reflexionsebene, in einem durch Brechung polarisirten also senkrecht gegen dieselbe, dafs sie daher auch in den gewöhnlich gebrochenen Strahlen in dem Hauptschnitte der Krystalle, und in den ungewöhnlich gebrochenen senkrecht gegen denselben geschehen.

Wenn ich bisher der Fresnel'schen Ansicht gefolgt bin, so geschah es nicht sowohl deshalb, weil sie die ältere und bekanntere ist, als vielmehr aus dem Grunde, weil sie überall eine leichter verständliche Erklärung der Lichtwirkungen gestattet, und sich einer sinnlichen Auffassung der Polarisationserscheinungen besser anschliefst. Sind die Aethervibrationen in einem durch Reflexion polarisirten Strahle nach der

Krystalles vor, der mit cP den Winkel θ bildet: so zerlegt sich im Krystalle die Schwingung cd in die beiden auf einander senkrechten cf und ce, von denen die erstere dem gewöhnlichen, senkrecht gegen den Hauptschnitt schwingenden, und die letztere dem ungewöhnlichen, parallel mit dem Hauptschnitte schwingenden Strahle angehört. So oft nun diese Strahlen bis zu einer solchen Tiefe in den Krystall gedrungen sind, daſs ihr Gangunterschied ein beliebiges Vielfaches einer ganzen Wellenlänge beträgt, eben so oft haben auch die aus der Zerlegung von cd entstehenden Oscillationen die Richtungen cf und ce, durch deren Zusammensetzung wieder die Oscillation cd von derselben Richtung erhalten wird, welche sie bei ihrem Eintritte in den Krystall hatte, eben so oft unterscheidet sich also der zusammengesetzte Strahl in Hinsicht auf seine Polarisation

Hypothese der Dichtigkeitsverschiedenheit des Aethers senkrecht gegen die Polarisationsebene, so fallen sie, wenn die Reflexionsebenen beider Polarisationsspiegel eine parallele Lage haben, ganz in die Oberfläche des oberen *analysirenden* Spiegels, und es wird leichter begreiflich, wie sie dann reflectirt werden können, als sich dieſs begreifen läſst, wenn sie nach der Hypothese der Elasticitätsverschiedenheit des Aethers in der Reflexionsebene des unteren *polarisirenden* Spiegels erfolgen, und bei dieser Lage der Spiegel in die Glasfläche des analysirenden gleichsam einschneiden. Stehen aber die Reflexionsebenen beider Spiegel senkrecht auf einander, und sind wieder in einem durch Reflexion polarisirten Strahle die Aethervibrationen senkrecht gegen die Reflexionsebene, so schneiden sie bei dieser Lage der Spiegel in die Glasfläche des analysirenden ein, und es wird wieder leichter begreiflich, wie sie dann nicht reflectirt werden können, als sich dieſs einsehen läſst, wenn sie in der Reflexionsebene des polarisirenden Spiegels erfolgen, und bei dieser Lage der Spiegel ganz in die Glasfläche des analysirenden fallen.

Auf dem Wege der Theorie wird die Frage, ob man dem Aether in verschiedenen Stoffen eine verschiedene Dichtigkeit und eine gleiche Elasticität, oder umgekehrt eine gleiche Dichtigkeit und eine verschiedene Elasticität beizulegen habe, wohl nie unbestreitbar entschieden werden, weil die Theorie unter beiden Voraussetzungen, wenn man die Richtung der Aethervibrationen ausnimmt, zu gleichen Resultaten führt. Auf dem experimentalen Wege, der sicherer zum Ziele leiten kann, hat neuerdings Haidinger in Wien (diese Ann. Bd. 86, S. 131) es sehr wahrscheinlich gemacht, daſs nur die Fresnel'sche Hypothese die allein wahre seyn könne.

nicht von dem einfallenden. Haben aber die Strahlen eine solche Tiefe des Krystalls erreicht, dafs ihr Gangunterschied einem ungeraden Vielfachen einer halben Wellenlänge gleich ist, so hat die eine der beiden Schwingungen, z. B. *ce*, die entgegengesetzte Richtung *ck*, so dafs *cg* die aus beiden Oscillationen *cf* und *ck* resultirende wird. Die beiden Schwingungen *cd* und *cg* bilden dann aber den Winkel $dcg = 2\theta$, folglich bilden dann auch die auf diesen Schwingungen senkrechten Polarisationsebenen *Pp* und *P'p'* den Winkel $PcP' = 2\theta$. Innerhalb dieses Winkels müssen also die Polarisationsebenen *Pp* und *P'p'* nach der verschiedenen Dicke des Krystalls, von welcher der Gangunterschied der homogenen Strahlen abhängt, eine verschiedene Anzahl von Schwingungen machen, wie es Biot in Folge seiner Beobachtungen behauptet. Das Uebrige, was er sagt, hängt offenbar mit der Ungleichheit der Wellenlängen verschiedener Farben zusammen.

Im Betreff der dickeren Krystallplatten wurde Biot durch seine experimentalen Untersuchungen noch auf ein anderes Gesetz geleitet, das von der Undulationstheorie gleichfalls als ein wahres bestätigt, und später in dieser Abhandlung bewiesen werden wird. Diefs Gesetz wird von Biot folgendermafsen angegeben [1]): »Wenn ein polarisirter Strahl in senkrechter Richtung auf eine senkrecht gegen die Axe geschnittene einaxige Krystallplatte von der Dicke *d* fällt, und wenn *r* der Winkel ist, den er in derselben mit der Axe bildet, so wird seine Intensität, sobald er aus der Platte ausgetreten und analysirt ist, durch das

1) *Mém. de l'Institut*, 1812. *tom. XIII. pag.* 215. *Mém. de l'académie des sciences de l'Institut de Fr.* 1818. *tom. III. pag.* 189. Es ist diefs nur ein besonderer Fall des allgemeinen, für die zweiaxigen Krystalle gültigen Gesetzes, das Biot folgendermafsen angiebt: »Die Intensität eines polarisirten Strahles, der eine zweiaxige, senkrecht gegen die Mittellinie geschnittene Krystallplatte durchdrungen hat, und nach seinem Austritte aus derselben analysirt ist, wird durch das Product seines Weges *d* sec *r* im Krystalle mit dem Sinusproducte der Winkel bestimmt, die er mit jeder der beiden Axen im Krystalle bildete.«

Product des Weges $d \sec r$, den er in der Platte zurücklegte, mit dem Sinusquadrate des Winkels r bestimmt.«

Den wahren Ursprung dieser Farben entdeckte zuerst Young, der daraus, dafs der Wechsel von Helle und Dunkelheit, den die Krystallplatten im polarisirten homogenen Lichte zeigen, eben so von der Dicke derselben abhängt, wie bei den Newton'schen Ringen von der Tiefe der dünnen Luftschicht, mit Recht folgerte, dafs diese Farben durch einen Gangunterschied der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen, in welche sich ein Lichtbündel in jedem doppeltbrechenden Krystall spaltet, entstehn müfsten. Es gelang ihm jedoch nicht, die Eigenschaften dieser Farben aus der Undulationstheorie abzuleiten [1]).

Die Farben der dünnen Krystallblättchen wurden zuerst von Fresnel in zwei Abhandlungen erklärt, die er im October 1816 und im Januar 1818 der Akademie der Wissenschaften in Paris übergab [2]). Für die Intensität der Farbenringe, die sich um die Axe einer senkrecht gegen dieselbe geschnittenen Krystallplatte entwickeln, machte hierauf Airy einen alle Eigenschaften dieser Farben umfassenden Ausdruck im Jahre 1831 in einer Abhandlung bekannt, in welcher er zugleich die circulare und elliptische Polarisation, die das Licht bei seinem Durchgange durch Quarzplatten annimmt, theoretisch zu begründen versuchte [3]). Dem um die Verbreitung einer gründlichen Kenntnifs der Naturwissenschaft hochverdienten Joh. Müller verdanken wir endlich die erste, in den Jahren 1834 und 1835 gegebene Erklärung der hyperbolischen Curven und der Farbenstreifen, die beide sich nur im homogenen Lichte zeigen, wenn die Krystalle parallel mit der Axe oder unter einem Winkel von 45° gegen dieselbe geschnitten sind [4]).

1) Diese Ann. Bd. 12, S. 367.

2) *Ann. de Chimie et de Phys.* 1821. *tom. XVII. pag.* 85 und *pag.* 102.

3) *Transact. of the Cambridge Philosophical Society*, 1833. *vol. IV. pag.* 79. Die Abhandlung wurde im Febr. 1831 gelesen. Diese Ann. Bd. 23, S. 204.

4) Diese Ann. Bd. 33, S. 282 und Bd. 35, S. 95.

In der Abhandlung vom Jahre 1835 hat **Müller** zuerst auch die im linear-polarisirten Lichte aus *combinirten* einaxigen Krystallen sich entwickelnden Farbenlinien für einige Fälle erörtert, die **Langberg** in Christiania noch um mehrere andere vermehrt hat [1]).

Da eine Theorie nur dann erst als eine wahre anerkannt werden kann, wenn ihre Resultate überall den Beobachtungen und Messungen entsprechen, und da mir die Benutzung eines, nach der von **Dove** [2]) angegebenen Einrichtung construirten Polarisations-Instrumentes, zu welchem die Herren **Pistor** und **Martins** den Mefsapparat verfertigt haben, zu Gebote steht, so stellte ich mir die zweifache Aufgabe:

1) nicht blofs die Theorie dieser Farben zunächst für die einfachen einaxigen Krystalle (mit Ausschliefsung der Bedingungen, unter denen die Polarisation in den Quarzen eine circulare oder elliptische wird) auf einem möglichst kurzen Wege zu begründen, sondern vornehmlich auch

2) mittelst jenes Instrumentes zu prüfen, in wieweit die Näherungsformeln, die sich aus der Theorie ergeben, mit den Beobachtungen übereinstimmen.

Die Resultate meiner Untersuchungen, die mich zu einigen bisher nicht erörterten Eigenschaften dieser Farben geführt haben, übergebe ich in dieser Abhandlung der Oeffentlichkeit.

Berechnung des Gangunterschiedes der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen in den einaxigen Krystallen.

1. *Berechnung des Gangunterschiedes, wenn der Krystall senkrecht gegen die Axe geschnitten ist.*

Unter dem Gangunterschiede zweier homogenen Strahlen versteht man bekanntlich die Zahl der Wellenlängen, um welche der eine dem anderen vorausgeeilt ist. Man wird daher den Gangunterschied zweier in einem gleich-

1) Diese Ann. Ergänzbd. vom Jahre 1842, S. 529.

2) Diese Ann. Bd. 35, S. 596.

artigen Mittel sich bewegenden homogenen Strahlen finden, wenn man die Differenz ihrer Wege durch die Wellenlänge dividirt. Sind aber die Mittel, die von den Strahlen durchdrungen werden, ungleichartig, wie wenn sich die Bewegung des Lichtes z. B. durch die Luft und durch Glas fortpflanzt, so sind auch die Wellenlängen in diesen Mitteln verschieden. Wird die Wellenlänge in der Luft mit λ bezeichnet, so wird sie im Glase $= \frac{2}{3}\lambda$, wenn $\frac{2}{3}$ (der umgekehrte Brechungsexponent) die Geschwindigkeit des Lichtes im Glase im Vergleiche mit seiner Geschwindigkeit 1 in der Luft ist [1]). *Den Gangunterschied zweier homogenen Strahlen, die sich durch ungleichartige Mittel bewegen, findet man daher, wenn man jeden Theil der Differenz ihrer Wege durch das Product der Wellenlänge λ in der Luft und der zu diesem Theile gehörigen Geschwindigkeit des Lichtes dividirt.* Zur Lösung der vorliegenden Aufgabe mufs also die Geschwindigkeit der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen nach den verschiedenen Richtungen, in denen die Krystalle gegen die Axe geschnitten sind, zunächst bestimmt werden.

Im Sinne der Emanationstheorie hat man bekanntlich für die einaxigen Krystalle, wenn c die in allen Durchgangsrichtungen constante Geschwindigkeit des gewöhnlichen Strahles und n sein Brechungsexponent, v die in verschiedenen Durchgangsrichtungen veränderliche Geschwindigkeit des ungewöhnlichen Strahles und m sein Brechungsexponent ist, sobald er eine gegen die Axe senkrechte Richtung hat, φ' aber den Winkel bedeutet, den der ungewöhnliche Strahl mit der Axe bildet:

$$c^2 = n^2$$
$$v^2 = m^2 - (m^2 - n^2)\cos^2\varphi'.$$

Für die Undulationstheorie aber nehmen diese Ausdrücke, wie ich diefs bei einer anderen Gelegenheit nachgewiesen habe [2]), die Form an:

1) Diese Ann. Bd. 82, S. 27.
2) Diese Ann. Bd. 80, S. 232.

(1) $c^2 = b^2$

(2) $v^2 = a^2 - (a^2 - b^2)\cos^2\varphi$,

wenn $a = \frac{1}{m}$, $b = \frac{1}{n}$ und φ den Winkel zwischen der Axe und einer aus dem Mittelpunkte des Sphäroids der doppelten Brechung ausgehenden, und gegen die Frontebene der zum ungewöhnlichen Strahle gehörigen Wellenfläche senkrechten Linie bedeutet, die der Kürze wegen die *Normale der ungewöhnlichen Wellebene* heifsen soll. Für die Undulationstheorie ist also v eigentlich nicht die Geschwindigkeit des ungewöhnlichen Strahles selbst, wie in der Emanationstheorie, sondern vielmehr die Geschwindigkeit, mit welcher die zu diesem Strahle gehörige Wellenfläche in der Richtung ihrer Normale durch den Krystall sich fortpflanzt. In dem gewöhnlich gebrochenen Strahle fällt bekanntlich die zu seiner Wellebene gehörige Normale jedesmal mit seiner eigenen Richtung zusammen.

Nun sey (Fig. 2, Taf. II.) c der Einfallspunkt des Strahles sc in der brechenden Ebene $Hdhg$ des Krystalls, und aus c als Mittelpunkt eine Kugel beschrieben. Es sey ferner Zz das Einfallsloth, $Zcs = i$ der Einfallswinkel, cf die zur ungewöhnlichen Wellebene gehörige Normale, der Winkel $zcf = r'$ ihr Brechungswinkel, Pp sey die Richtung der optischen Axe, $ZkzH$ eine durch diese Axe gelegte und auf der brechenden Fläche senkrechte Ebene (der *Hauptschnitt* des Krystalls), Zsd ein Quadrant des Verticalkreises, der durch Z und den einfallenden Strahl, zfg ein Quadrant des Verticalkreises, der durch z und die Normale geht, der Bogen zp zwischen dem Einfallslothe und der Axe sey $= \psi$, der Bogen fp zwischen der Normale und der Axe $= \varphi$, der Bogen gh endlich zwischen dem Hauptschnitte und der Brechungsebene der Normale — der dem Bogen Hd, dem sogenannten *Azimuth der Einfallsebene* gegen den Hauptschnitt gleich ist, weil die Normale stets in der Einfallsebene bleibt [1]) — sey $= \varpi$:

1) Radicke's »Handbuch der Optik« Th. I. S. 179.

so hat man nach einer bekannten Gleichung der sphärischen Trigonometrie:

$$\cos\varphi = \cos\psi\cos r' + \sin\psi\sin r'\cos\varpi.$$

Es ist daher im Allgemeinen aus (2):

$$(3)\quad v^2 = a^2 - (a^2 - b^2)\cos^2\varphi = b^2 + (a^2 - b^2)\sin^2\varphi$$
$$= a^2 - (a^2 - b^2)[\cos\psi\cos r' + \sin\psi\sin r'\cos\varpi]^2,$$

folglich, wenn die Axe Pp senkrecht auf der brechenden Ebene $Hdhg$ steht, ψ also $= 0^0$ gesetzt wird:

$$v^2 = a^2 - (a^2 - b^2)\cos^2 r' = b^2 + (a^2 - b^2)\sin^2 r',$$

und, wenn der Bogen r' so klein ist, dafs man die Potenzen seines Sinus, die höher sind als die zweite, auslassen kann:

$$(4)\quad v = b + \frac{a^2 - b^2}{2b}\sin^2 r'.$$

Ist aber die Axe parallel mit der brechenden Ebene, ψ also $= 90^0$, so hat man aus (3):

$$v^2 = a^2 - (a^2 - b^2)\sin^2 r'\cos^2\varpi,$$

und, wenn der Winkel r' klein ist:

$$(5)\quad v = a - \frac{a^2 - b^2}{2a}\sin^2 r'\cos^2\varpi,$$

während in allen diesen Fällen die constante Geschwindigkeit c der gewöhnlichen Strahlen durch die Gleichung:

$$(6)\quad c = b = \frac{1}{n}$$

bestimmt wird. In den *positiven Krystallen*, wie in dem Bergkrystall, dem Apophyllit, Boracit, in dem Eise u. s. w., für welche in (3) $b > a$, ist also die Geschwindigkeit v der ungewöhnlichen Strahlen kleiner, als die Geschwindigkeit b der gewöhnlichen, während umgekehrt in den *negativen Krystallen*, wie in dem Kalkspath, Beryll, Rubin, Smaragd, Saphir u. s. w., für welche $b < a$, die Geschwindigkeit der ungewöhnlichen Strahlen gröfser ist, als die der gewöhnlichen. Mit der Hülfe der Gleichungen (4) und (6) läfst sich jetzt der Gangunterschied zwischen beiderlei Wellensystemen, wenn die brechende Ebene des Krystalls senkrecht auf der Axe ist, leicht bestimmen.

Auf die dem Lichte zugekehrte untere Seite (Fig. 3, Taf. II.) *CD* der senkrecht gegen die Axe *cx* geschnittenen *negativen* Krystallplatte *CB* mögen nahe an einander die homogenen und parallelen Strahlen *sf* und *se* unter dem Winkel $zfs = i$ einfallen, so treffen in dem Punkte *p* der oberen Seite *AB* der gewöhnliche Strahl *fp* von *sf*, und der ungewöhnliche *ep* von *se* zusammen [1]). Die Wege *fp* und *ep* des Lichtes im Krystalle sind nicht nur von verschiedener Länge, sondern es hat die Aetherbewegung auf denselben auch eine verschiedene Geschwindigkeit, so dafs die Wellenlängen auf dem einen Wege länger sind, als die auf dem anderen, und sich daher ein Gangunterschied zwischen beiderlei Wellensystemen bilden mufs. Ist *po* die mit *sf* parallele Richtung des in *p* austretenden Systemes, die Dicke *cx* der Platte $= d$, der Brechungswinkel *pfh* des gewöhnlichen Strahles $= r$, der Brechungswinkel *peg* des ungewöhnlichen $= r'$ [2]), und aus *e* das Loth *ek* auf *sf* gefällt: so hat man in Folge des oben (S. 107)

1) Der ungewöhnliche Strahl *ep* ist in negativen Krystallen zwar nicht immer der schwächer gebrochene, jedesmal aber derjenige, der von der Richtung *eg* der Axe weiter entfernt liegt, als der gewöhnliche *fp* von der Richtung *fh* der Axe.

2) Das Zeichen r' bedeutet in Fig. 2. zwar eigentlich den Winkel, unter dem die Normale der ungewöhnlichen Wellebene gegen das Einfallsloth gerichtet ist; da aber in allen einaxigen Krystallen, mit Ausnahme des Kalkspaths, der ungewöhnliche Strahl und seine Normale beinahe zusammenfallen, und selbst im Kalkspath die Abweichung beider nur wenige Grade beträgt, so kann hier näherungsweise unter r' der Brechungswinkel des ungewöhnlichen Strahles selbst um so mehr verstanden werden, weil man ohnediefs in den oben folgenden Rechnungen für das zweite Glied der Geschwindigkeit v, in dem allein der Winkel r' vorkommt, einen approximativen Ausdruck zu wählen genöthigt ist. Wegen der nur wenige Grade fassenden Abweichung des ungewöhnlichen Strahles von seiner Normale und wegen des kleinen Factors $a^2 - b^2$ in dem zweiten Gliede von v ist es auch selbst beim Kalkspath ohne bedeutenden Einflufs auf den Werth von v, man mag unter φ in (2) den Winkel verstehen, den die Normale mit der Axe, oder den Winkel, den der ungewöhnliche Strahl selbst mit derselben bildet. Man sehe die oben erwähnte Abhandlung in diesen Ann. Bd. 80, S. 236.

Gesagten, da $fe = hg = d(\tang r' - \tang r)$, den Gangunterschied zwischen beiderlei Systemen:

$$(7)\quad \frac{\delta}{\lambda} = \frac{kf}{\lambda} + \frac{fp}{b.\lambda} - \frac{ep}{v.\lambda}$$

$$= \frac{d\sin i}{\lambda}(\tang r' - \tang r) + \frac{d\sec r}{b.\lambda} - \frac{d\sec r'}{v.\lambda}.$$

Bei der geringen Ausdehnung, die das Gesichtsfeld bei allen hierher gehörigen Beobachtungen hat, sind die Winkel i, r und r' so klein, dafs man die Potenzen ihrer Sinus, die höher sind als die zweite, auslassen kann. Man hat daher für den gewöhnlichen Strahl:

$$\sin i = n \sin r = \frac{1}{b} \sin r,$$

und nach (4) für den ungewöhnlichen:

$$\sin i = \frac{1}{v} \sin r' = \frac{1}{b} \sin r',$$

indem das zweite Glied in dem Werthe von v deshalb fortgelassen werden kann, weil es in dem von $\sin i$ die dritte Potenz von $\sin r'$ geben würde. Da also, wenn der Krystall senkrecht gegen die Axe geschnitten ist, die Brechungswinkel r und r' gleich sind, so ist in diesem Falle das erste Glied in dem Werthe von $\frac{\delta}{\lambda}$ in (7) gleich Null, und

$$(8)\quad \frac{\delta}{\lambda} = \frac{d\sec r(v-b)}{bv\lambda} = \frac{d\sec r(a^2-b^2)\sin^2 r}{2b^3\lambda}$$

$$= \frac{d\sec r(a^2-b^2)\sin^2 i}{2b\lambda},$$

indem auch hier $b.v$ nur $= b^2$ gesetzt werden darf, weil das zweite Glied von v in diesen Quotienten schon die vierte Potenz von $\sin r$ geben würde.

2. *Berechnung des Gangunterschiedes, wenn der Krystall parallel mit der Axe geschnitten ist* [1]).

1) Tritt in diesem Falle und im folgenden der ungewöhnliche Strahl aus der Einfallsebene, welche in Fig. 3. die des Papiers seyn mag, so wird man den Strahl *se* vor oder hinter der Ebene des Papiers, jedenfalls aber so liegend zu denken haben, dafs der zu ihm gehörige ungewöhn-

In diesem Falle ist, wie in allen übrigen, zwar für den gewöhnlichen Strahl wieder:

$$\sin i = \frac{1}{b} \sin r,$$

für den ungewöhnlichen aber hat man aus (5):

$$\sin i = \frac{1}{v} \sin r' = \frac{1}{a} \sin r',$$

weil auch hier aus dem schon angegebenen Grunde das zweite Glied von v fortgelassen werden kann. Die beiden Winkel r und r' sind hier also nicht gleich, und deshalb darf auch das erste Glied in (7) nicht gleich Null gesetzt werden, sondern man hat vielmehr, weil die Tangente eines kleinen Winkels α mit dem Sinus oder Bogen desselben vertauscht werden kann, und $\sec\alpha = 1 + \frac{\alpha^2}{2} \ldots = 1 + \frac{\sin^2\alpha}{2} \ldots$ ist:

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{d \sin i}{\lambda}(\operatorname{tang} r' - \operatorname{tang} r) + \frac{d \sec r}{b.\lambda} - \frac{d \sec r'}{v.\lambda}$$

$$= \frac{d \sin i}{\lambda}(a \sin i - b \sin i)$$

$$+ \frac{d}{b.\lambda}\left[1 + \frac{b^2 \sin^2 i}{2}\right] - \frac{d}{v.\lambda}\left[1 + \frac{a^2 \sin^2 i}{2}\right].$$

Da aber auch aus (5) $v = a - \frac{a^2 - b^2}{2} a \sin^2 i \cos^2 \varpi$, folglich $\frac{1}{v} = \frac{1}{a} + \frac{a^2 - b^2}{2a} \sin^2 i \cos^2 \varpi$ und $\frac{1}{v}\left(1 + \frac{a^2 \sin^2 i}{2}\right) = \frac{1}{a} + \frac{a \sin^2 i}{2} + \frac{a^2 - b^2}{2a} \sin^2 i \cos^2 \varpi$, so erhält man den Gangunterschied:

$$(9) \quad \frac{\delta}{\lambda} = \frac{d}{\lambda}\left[\frac{a-b}{ab} + \frac{a-b}{2} \sin^2 i - \frac{a^2 - b^2}{2a} \sin^2 i \cos^2 \varpi\right]$$

$$= \frac{d}{\lambda}\left[\frac{a-b}{ab} + \frac{(a-b)\sin^2 i}{2a}\left(a - (a+b)\cos^2 \varpi\right)\right]$$

$$= \frac{d}{\lambda}\left[\frac{a-b}{ab} - \frac{(a-b)\sin^2 i}{2a}\left(b - (a+b)\sin^2 \varpi\right)\right].$$

liche Strahl an der Stelle p mit dem gewöhnlichen fp zusammentrifft. Im vorigen Falle, wenn der Krystall senkrecht gegen die Axe geschnitten ist, wird jede senkrecht gegen die brechende Fläche gelegte Ebene ein Hauptschnitt; hier also kann ein Heraustreten der ungewöhnlichen Strahlen aus der Einfallsebene nicht stattfinden, unter welchen Winkeln auch das Licht in den unzählig vielen Hauptschnitten einfallen mag.

3. *Berechnung des Gangunterschiedes, wenn der Krystall unter dem Winkel von 45° gegen die Axe geschnitten ist.*

Da aus (3) für eine beliebige Lage der Axe:

$$v^2 = a^2 - (a^2 - b^2)[\cos\psi \cos r' + \sin\psi \sin r' \cos\varpi]^2,$$

so ist für (Fig. 2, Taf. II.) $90° - \psi = 45°$, also für $\psi = 45°$, und $\sin\psi = \cos\psi = \sqrt{\frac{1}{2}}$:

$$v^2 = a^2 - (a^2 - b^2)\left[\frac{\cos r' + \sin r' \cos\varpi}{\sqrt{2}}\right]^2.$$

Für einen kleinen Winkel r' kann man aber $\cos r' = 1$ setzen, ohne deshalb $\sin r' = 0$ nehmen zu dürfen. Es ist daher auch:

$$v^2 = a^2 - \frac{a^2 - b^2}{2}(1 + 2\sin r' \cos\varpi)$$

$$= \frac{a^2 + b^2}{2} - (a^2 - b^2)\sin r' \cos\varpi,$$

und, weil $\sin r' = v \sin i$:

$$v = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}} - \frac{(a^2 - b^2)\, v \sin i \cos\varpi}{\sqrt{2(a^2 + b^2)}}, \text{ oder}$$

$$v\left[\sqrt{2(a^2 + b^2)} + (a^2 - b^2)\sin i \cos\varpi\right] = a^2 + b^2.$$

Man hat daher aus (7), da $\tang r' = \sin r' = v \sin i$, $\tang r = \sin r = b \sin i$, und $\sec r = \sec r' = 1$, den Gangunterschied:

$$(10)\quad \frac{\delta}{\lambda} = \frac{d \sin i}{\lambda}(v \sin i - b \sin i) + \frac{d}{\lambda}\left[\frac{1}{b} - \frac{1}{v}\right]$$

$$= \frac{d \sin^2 i}{\lambda}\left[\sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}} - b\right]$$

$$+ \frac{d}{\lambda}\left[\frac{1}{b} - \sqrt{\frac{2}{a^2 + b^2}} - \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}\sin i \cos\varpi\right].$$

Die Differenz $\sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}} - b$ ist aber für alle Krystalle so klein, dafs man sie dem Sinus eines kleinen Winkels gleich setzen, und das erste Glied so ansehen kann, als hätte es die dritte Potenz des Sinus eines solchen Winkels zum Factor. Nimmt man aus einem später anzuführenden Grunde für a und b nicht die umgekehrten *mittleren* Brechungsex-

ponenten der ungewöhnlichen und gewöhnlichen Strahlen, sondern die umgekehrten Exponenten in der Mitte zwischen den Fraunhofer'schen Linien D und E, wie sie Rudberg angiebt [1]), so hat man z. B. für den Kalkspath $a=0{,}67226$, $b=0{,}60203$ und jene Differenz nur $=0{,}03608$. Für den Bergkrystall ist dann $a=0{,}64317$, $b=0{,}64698$ und jene Differenz sogar nur $=0{,}00190$. Wird daher das erste Glied in (10) fortgelassen, so erhält man den Gangunterschied:

$$(11)\quad \frac{\delta}{\lambda}=\frac{d}{\lambda}\left[\frac{1}{b}-\sqrt{\frac{2}{a^2+b^2}}-\frac{a^2-b^2}{a^2+b^2}\sin i\cos\varpi\right].$$

(Schluſs im nächsten Heft.)

V. *Vier photometrische Probleme; von Beer in Bonn.*

Wir theilen hier die Lösungen einiger nahe liegenden Aufgaben aus der Photometrie mit, die sich wider Erwarten in abgeschlossener Form darstellen.

I. *Welches ist die Erleuchtung eines Flächenelementes, das man der Strahlung des Vollmondes in einer solchen Lage aussetzt, daſs dieser in das Zenith des Elementes zu liegen kommt?*

Ohne merklichen Fehler darf man unterstellen, daſs der scheinbare Halbmesser der Sonne in allen Punkten der Mondscheibe denselben Werth δ bewahre, sowie, daſs die Erleuchtung beim Vollmonde so stattfinde, als ob die Centra von Mond, Erde und Sonne auf einer Geraden lägen und die Erde die Strahlen der Sonne nicht auffinge. Dieſs vorausgesetzt, sey in Fig. 7 Taf. II. m der Mittelpunkt des Mondes, e der Erde, o die Mitte der Mondscheibe, und in C auf der Oberfläche der Erde werde das Flächenele-

1) Diese Ann. Bd. 14, S. 52 und 54.

ment ∂f senkrecht zu Co gehalten. Bedeutet nun J die Leuchtkraft der Sonne, μ den Erleuchtungscoëfficienten des Mondes, so ist die Leuchtkraft in o: $\mu J \sin\delta^2$. Und für den Punkt p, wo die Sonne in der Zenithdistanz $pmo = \psi$ liegt, ist die Leuchtkraft: $\mu J \sin\delta^2 \cos\psi$. Die (an der Himmelssphäre gedachte) Mondscheibe zerlege man durch Parallelkreise, deren Pol o ist und die um $\partial\varrho$ von einander abstehen, sowie durch gröfste Kreise, die durch o gehen und um $\partial\varphi$ von einander abstehen, in unendlich kleine viereckige Elemente. Der Inhalt des in der Projection von p befindlichen Elements ist dann $\sin\varrho\,\partial\varrho\,\partial\varphi$. Von ihm erlangt daher das in C befindliche Element die Lichtquantität:

$$q = \partial f . \mu J \sin\delta^2 . \sin\varrho \cos\varrho \cos\psi . \partial\varrho\,\partial\varphi.$$

Nun ist aber:

$$pC^2 = E^2 + r^2 - 2Er\cos\psi \text{ und } pC^2 \cos\varrho^2 = (E - r\cos\psi)^2,$$

wenn wir $mC = E$ und $mo = r$ setzen. Wir haben also wenn noch $r\cos\psi = v$ gesetzt wird:

$$\cos\varrho^2 = \frac{(E-v)^2}{E^2 + r^2 - 2Ev}.$$

In Folge dieser Relation transformirt sich der Ausdruck für q in den folgenden:

$$q = \partial f . \mu J \sin\delta^2 \frac{v(E-v)(r^2 - Ev)}{r(E^2 + r^2 - 2Ev)^2} \partial v\,\partial\varphi.$$

Durch die Substitution $E^2 + r^2 - 2Ev = z$ geht diese Formel weiter über in:

$$q = \frac{1}{16E^3 r} \partial f . \mu J \sin\delta^2 \frac{(E^2 + r^2 - z)(E^2 - r^2 + z)(E^2 - r^2 - z)}{z^2} \partial z\,\partial\varphi.$$

Und bezeichnen wir den Werth, welchen z für den Mondrand annimmt, d. i., unter λ den scheinbaren Halbmesser des Mondes verstanden, $E^2 + r^2 - 2E\cos\lambda$ mit z_λ, so wie seinen Werth für die Mitte des Mondes, d. i. $(E-r)^2$ mit z_0, so liefert die Integration des obigen Differentiales für die Quantität Lichtes, welche von der ganzen Mondscheibe auf das Element ∂f strömt, den Ausdruck:

$$Q=\frac{1}{16E^3r}\partial f.\mu J\sin\delta^2\left\{(E^2+r^2)(E^2-r^2)^2\left(\frac{1}{z_0}-\frac{1}{z\lambda}\right)\right.$$
$$\left.-(E^2-r^2)^2\log\frac{z\lambda}{z_0}-(E^2+r^2)(z_\lambda-z_0)+\tfrac{1}{2}(z_\lambda{}^2-z_0{}^2)\right\}.$$

Die Leuchtkraft des Elementes, seine Helligkeit, ist, wenn ε seinen Erleuchtungscoëfficienten bedeutet:

$$H=\frac{\varepsilon Q}{\pi\partial f}.$$

In Betreff des Erleuchtungscoëfficienten des Mondes bemerken wir hier gelegentlich, dafs wir ihn aus den Versuchen Wollaston's über das Sonnen- und Mondlicht zu 0,086, oder $\frac{1}{12}$; berechnet haben, während bekanntlich die Versuche von Bouguer ihn mehr als doppelt so grofs, nämlich gleich 0,23 liefern.

II. *Erleuchtung durch die Phasen einer Sonnenfinsternifs.*

Auch die Erleuchtung durch die verfinsterte Sonne drückt sich durch abgeschlossene Formeln aus. Besonders einfach gestalten sich aber die Sachen, wenn das erleuchtete Element senkrecht gegen die Verbindungslinie von Erde und Sonne gehalten wird, was wir hier unterstellen wollen. In Fig. 8 Taf. II. sey aSa' der frei gebliebene Theil der Sonne, aMa' die Mondscheibe. Die von jenem herkommende Lichtquantität ist nun offenbar gleich der Quantität der ganzen Sonnenscheibe weniger der des Zweiecks aa', letzteres ebenso stark leuchtend gedacht, wie die Sonne selbst. Die Quantität des Zweiecks ist aber die Summe der Quantitäten der Dreiecke $aoa'O$ und $ao'a'O$. Bezeichnen wir die Quantitäten der Sectoren $ao'a'C$ und $aoa'c$ mit S und s, die der sphärischen Dreiecke aCa' und aca' mit Δ und δ, endlich die Quantität der ganzen Sonnenscheibe mit Q, so ist also die von dem frei gebliebenen Theile der Sonne herrührende Quantität:

$$L=Q-(S+s)+(\Delta+\delta).$$

Man berechne nun zunächst aus der Centrallinie d der beiden Scheiben und aus ihren scheinbaren Halbmessern die Winkel φ und φ' mittelst der Formeln:

$$\cos\varphi = \frac{\cos r - \cos R \cos d}{\sin R \sin d} \text{ und } \cos\varphi' = \frac{\cos R - \cos r \cos d}{\sin r \sin d}.$$

Ferner hat man für die kürzeste Zenithdistanz t der Bogen ca und ca':

$$\sin t = \sin d \sin\varphi'.$$

Also ist nach bekannten photometrischen Formeln:

$$Q = \partial f . J\pi \sin R^2,$$
$$S = \partial f . J\varphi \sin R^2,$$
$$s = \partial f . J[(r - \tfrac{1}{2}\sin 2r)\sin d \sin\varphi' + \tfrac{1}{2}\varphi' \cos d(1 - \cos 2r)],$$
$$\Delta = \partial f . J . aO . \sin ZO, \quad \delta = \partial f . J[r \sin d \sin\varphi' - aO . \sin ZO].$$

Hieraus findet man endlich für die von der Phase herkommende Lichtquantität:

$$L = \partial f . J[(\pi - \varphi)\sin R^2 - \varphi' \cos d \sin r^2 + \tfrac{1}{2}\sin\varphi' \sin d \sin 2r].$$

III. *Erleuchtung durch ein glühendes Ellipsoïd.*

Um die Erleuchtung eines Elementes, das der Strahlung eines leuchtenden Ellipsoïdes ausgesetzt ist, zu berechnen, projiciren wir die Fläche zunächst von dem Elemente aus auf die Himmelssphäre, in deren Mitte sich das Element befindet. Wir erhalten so auf jener eine sphärische Ellipse, und geben wir dieser allenthalben die Leuchtkraft J des Ellipsoïdes, so können wir dieses durch jene ersetzen. Es sei $AB'A'B$, Fig. 9 Taf. II die sphärische Ellipse; ihre grofse Halbaxe oA sei r_1, ihre kleine oB sey r_2. Der Mittelpunkt der Ellipse liege vom Zenithe Z des Elementes um z' entfernt, und es schliefse ihre grofse Axe mit dem Verticalkreise Zo den Winkel φ' ein. Wir theilen nun die Ellipse durch Parallelkreise, deren Pol in o liegt, und die um $\partial\varrho$ von einander abliegen, sowie durch Radienbogen, die durch o gehen, und von einander um ∂v entfernt sind, in lauter viereckige Elemente. Ein solches liege in p, und es sey $po = \varrho$, $poA = v$, die Länge des ganzen Radius $oP = r$, und $pZ = z$. Der Inhalt des Elementes ist $\sin\varrho\partial\varrho\partial v$, und es sendet auf das in der Mitte des Horizontes gelegenen Element die Lichtquantität:

$$q = \partial f . J \sin\varrho \cos z \partial\varrho\partial v.$$

Es ist aber:

$$\cos(\varphi'-v)=\frac{\cos z-\cos z'\cos\varrho}{\sin z'\sin\varrho},$$

also:

$$q=\partial f.J[\sin z'\cos(\varphi'-v)\sin\varrho^2+\cos z'\sin\varrho\cos\varrho]\,\partial\varrho\,\partial v.$$

Die von dem Elementarsector oP herkommende Quantität ist mithin:

$$q'=\partial f.J.\partial v\int_0^r\partial\varrho\left\{\sin z'\cos(\varphi'-v)\sin\varrho^2+\cos z'\sin\varrho\cos\varrho\right\}$$

$$=\tfrac{1}{2}\partial f.J\left\{\sin z'\cos(\varphi'-v)\left[r-\sin r\cos r\right]+\cos z'\sin r^2\right\}\partial v.$$

Nun ist aber die Gleichung der sphärischen Ellipse:

$$\sin r^2=\frac{1}{p-q\cos v^2},\text{ oder }\cos r^2=\frac{f+g\cos v^2}{p-q\cos v^2},$$

und zwischen p, q und den Halbaxen r_1, r_2 finden die Relationen statt:

$$\sin^2 r_1=\frac{1}{p-q}\text{ und }\sin^2 r_2=\frac{1}{p}.$$

Mit Rücksicht auf die Gleichung der Ellipse erhalten wir:

$$\begin{aligned}q'=\tfrac{1}{2}\partial f.J\sin z'\Big\{&\cos\varphi'.\arcsin\sqrt{\frac{1}{p-q\cos v^2}}.\cos v\,\partial v\\&-\cos\varphi'\frac{\sqrt{f+g\cos v^2}}{p-q\cos v^2}.\cos v\,\partial v\\&-\sin\varphi'.\arcsin\sqrt{\frac{1}{p-q\cos v^2}}.\sin v\,\partial v\\&+\sin\varphi'\frac{\sqrt{f+g\cos v^2}}{p-q\cos v^2}.\sin v\,\partial v\Big\}\\&+\tfrac{1}{2}\partial f.J\cos z'.\frac{\partial v}{p-q\cos v^2}.\end{aligned}$$

Der Ausdruck für die von der ganzen Ellipse herkommende Lichtquantität ist:

$$Q=\int_0^{2\pi}q'\,dv,$$

und besteht somit, aus den zwischen den Gränzen o und 2π genommenen Integralen der fünf Glieder von q'. Aus dem Bau der vier ersten Glieder ersieht man aber sofort,

dafs ihre Integrale zwischen jenen Gränzen verschwinden. Diese Integrale als Summe gedacht, findet sich nämlich zu jedem Gliede ein zweites, welches dasselbe aufhebt. Hiernach haben wir:

$$Q = 2\partial f . J \cos z' \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\partial v}{p - q \cos v^2}.$$

Es ist aber:

$$\int \frac{\partial v}{p - q \cos v^2} = \frac{1}{2\sqrt{p(p-q)}} \arccos \frac{-q + (2p - q)\cos 2v}{(2p - q) - q \cos 2v}.$$

Folglich kommt:

$$Q = \partial f . J\pi \frac{\cos z'}{\sqrt{p(p-q)}}.$$

Dieser Ausdruck transformirt sich endlich, wenn wir die Halbaxen der Ellipse einführen, in die folgende elegante Formel:

$$Q = \partial f . J\pi \cos z' . \sin r_1 \sin r_2.$$

Von weiteren Anwendungen dieses Ausdruckes Abgang nehmend, begnügen wir uns hier damit, die folgenden unmittelbar aus ihm fliefsenden Theoreme aufzustellen.

1) Dreht man ein Element, welches der Strahlung eines leuchtenden Ellipsoïdes ausgesetzt ist, um einen seiner Punkte, so ist die Erleuchtung dem Cosinus des Winkels proportional, welchen die Normale des Elementes mit der Axe des, von dem Elemente aus, um das Ellipsoïd beschriebenen Kegels einschliefst.

2) Die Erleuchtung des Elementes bewahrt einen constanten Werth, wie man auch das Ellipsoïd um die Axe des so eben erwähnten Kegels rotiren lasse.

IV. *Erleuchtung durch eine Gasmasse.*

Nur annäherungsweise darf der photometrische Calcul für eine Fläche auf die Erleuchtung durch eine Flamme angewendet werden. Eher dürfte die Annahme statthaft seyn, dafs die Flamme sich wie eine glühende Gasmasse verhalte, die absolut durchsichtig und im optischen Sinne ebenso dicht wie die Luft ist. In diesem Falle aber nimmt

der photometrische Calcul ganz die Gestalt des Attractions-Calculs an. Wenn nämlich ∂k ein Körperelement der leuchtenden Gasmasse mit der Leuchtkraft J ist, so muſs doch wohl die Lichtquantität, welche von ihm auf das in der Entfernung r befindliche Flächenelement ∂f übergeht, ausgedrückt werden durch:

$$q = J\partial k \partial f . \frac{\cos i}{r^2},$$

wenn i der Incidenzwinkel ist. Ganz dieselbe Formel drückt aber auch die Gröſse der auf ∂f senkrechten Componente der Attraction aus, welche das Element ∂f von dem Elemente ∂k erleidet, wenn wir unter ∂k und ∂f die Volumina der Elemente und unter J die Dichtigkeit ∂k verstehen. Hieraus schlieſsen wir weiter: *daſs die von der ganzen Gasmasse auf das Element übergehende Lichtquantität proportional ist mit der auf dem Elemente senkrechten Attractionscomponenten, sobald wir nur die Dichtigkeit in jedem Punkte der Leuchtkraft proportional nehmen.* Alle bisher in der Attractionslehre gewonnenen Resultate übertragen sich daher auf diesen Fall der Erleuchtung. Wir wollen *eines* Beispieles statt vieler erwähnen. *Bringt man in die Höhlung einer Hohlkugel aus leuchtendem Gase, die aus concentrischen Schichten besteht, von welchen jede in allen ihren Punkten dieselbe Leuchtkraft besitzt, ein Flächenelement, so wird dieses, welches übrigens auch seine Lage seyn möge, auf beiden Seiten gleich stark erleuchtet.*

Wir können nicht umhin, schlieſslich noch die Aufmerksamkeit der Physiker auf einen für uns noch zweifelhaften Punkt zu lenken, den wir nirgends näher erörtert gefunden haben. Bezeichnen wir die Leuchtkraft eines Objectes durch J und seinen scheinbaren Halbmesser durch δ, so hat man für den Halbmesser der Pupille eines Auges, welches nur jenes Object betrachtet:

$$p = f, (J, \delta).$$

Die Function f wächst, während J und δ abnehmen, und umgekehrt. Ist nun ferner d die Entfernung des Kreuzungspunktes der Strahlen im Auge von der Netzhaut, so

drückt sich bekanntlich die sichtbare Helligkeit des Objectes aus durch:

$$H = \frac{J[f(J,\delta)]^2}{d^2}.$$

Betrachten wir also beispielshalber eine glühende kreisrunde Metallplatte, so mufs, jener Formel zufolge, ihre sichtbare Helligkeit bei gröfserer Entfernung gröfser seyn als bei kleiner. Denn bei gröfserer Entfernung wird δ kleiner und somit f und folglich auch H gröfser. Und die Zunahme von f bei kleiner werdendem δ ist keineswegs unbedeutend. Lambert bestimmte den Durchmesser der Pupille, wie er den Werthen 0° 52′ und 8° 36′ von δ entsprach, zu 3,15 und 1,14 Linien, so dafs sich bei Lambert's Versuchen die sichtbaren Helligkeiten wie 10 : 1 hätten verhalten müssen (S. dessen Photometria, §. 853). Es fragt sich nun: *Besteht wirklich der angedeutete Wechsel der sichtbaren Helligkeiten? Und wenn er nicht existirt* — was man von vornherein am Ehesten anzunehmen geneigt ist, — *worin liegt alsdann die Mangelhaftigkeit unserer Formel?*

VI. *Ueber die Krystallformen einiger citronensauren Salze; von J. C. Heusser.*

Die schönen auf krystallographischen Beobachtungen beruhenden Entdeckungen von Pasteur, die so dringend zu einem genaueren Studium der Krystallformen organischer Säuren und ihrer Salze aufforderten, veranlafsten mich zu dieser Arbeit. Ich nahm mir vor die Krystallformen der citronensauren und apfelsauren Salze mit einander zu vergleichen, und aufserdem auch selbst einmal jene hemiedrisch traubensauren Salze darzustellen. Die Traubensäure hatte ich der gütigen Mittheilung des Hrn. Fikentscher in Zwickau zu verdanken; bisher ist es mir aber nicht gelungen,

Krystalle zu erhalten, an denen jene rechts und links hemiedrischen Formen zu bemerken waren; es bildeten sich blofs die Säulen mit der geraden Endfläche.

Was die citronensauren Salze betrifft, so habe ich eine bisher unbekannte Verbindung (das in höherer Temperatur im 2- u. 1-gliedrigen System krystallisirende einfach citronensaure Natron) dargestellt, das zweifach- und dreifachsaure Ammoniumoxyd (über welche ich in der Literatur weiter Nichts fand, als in Berzelius Lehrbuch der Chemie IV. 143 die Bemerkung, dafs sie sich nur schwer ungemengt darstellen lassen, daher auch keine Analysen derselben angegeben sind) in deutlichen, bestimmbaren Krystallen ungemengt erhalten, und diese Salze, so wie einige andere, die ihrer chemischen Zusammensetzung nach wohl, ihrer Krystallform nach aber noch nicht genau bekannt sind (das anderthalbfach saure Kali, das anderthalbfach saure Ammoniumoxyd und das bei gewöhnlicher Temperatur krystallisirende einfach citronensaure Natron) krystallographisch bestimmt. Für die ganze Arbeit hatte Hr. Prof. Magnus die Güte mir die Benutzung seines Laboratoriums zu gestatten. Die Beschreibung der apfelsauren Salze verspare ich auf später.

Zunächst einige Worte über die Krystallform der

Citronensäure.

Durch die Arbeit von Marchand (vergleiche Journ. für Chemie von Erdmann u. March. 23. 260) ist die schon von Berzelius ausgesprochene Ansicht festgestellt, dafs die Citronensäure aus einer bei gewöhnlicher Temperatur gesättigten Lösung mit anderem Wassergehalt krystallisirt, als aus einer im Sieden gesättigten Lösung durch plötzliches Erkalten; auf ersterem Wege erhält man eine krystallisirte Verbindung von der Zusammensetzung

$$C_{12}H_{10}O_{16}$$

auf letzterem Wege eine solche von der Zusammensetzung

$$C_{12}H_{9}O_{15}$$

Nach ihrer chemischen Zusammensetzung müssen beide Ver-

bindungen verschiedene Krystallform haben. Die Verbindung $C_{12}H_9O_{15}$ ist mir aber nicht gelungen in meſsbaren, oder auch nur so deutlichen Krystallen darzustellen, daſs ich aus denselben hätte ihr Krystallsystem bestimmen können. Dagegen sind die Krystalle der ersteren Verbindung $C_{12}H_{10}O_{16}$ leicht schön und groſs zu erhalten; sie sind bereits von Brooke gemessen (vgl. *Annal. of phil. II, ser. VI.* 119); da aber Brooke bloſs seine Messungen angiebt, ohne sich auf die Berechnung des Krystallsystems einzulassen, da auſserdem meine Messungen etwas von den von Brooke angegebenen differiren, so will ich zunächst die Krystallform der Verbindung $C_{12}H_{10}O_{16}$ genau feststellen.

Das Krystallsystem ist ein 2- und 2gliedriges; vorherrschend treten immer drei zusammengehörige Paare auf (in Fig. 10, Taf. II mit *f, g, h* bezeichnet), untergeordnet das diesen drei Paaren zugehörende Octaëder; selten ist die gerade Endfläche ausgebildet (— ihr parallel ist aber ein deutlich blättriger Bruch zu bemerken —) und ebenfalls selten stumpfere Flächen aus den Verticalzonen des zweiten und dritten zusammengehörigen Paares: letztere Flächen sind, als selten vorkommend, nicht gezeichnet; in krystallographischen Zeichen ausgedrückt haben wir also die Flächen:

$a : b : \infty c$ (*f* in Fig. 10, Taf. II)
$a : \infty b : c$ (*h* » »)
$\infty a : b : c$ (*g* » »)
$a : b : c$ (*o* » »)
$a : \infty : b : \frac{1}{n} c$
$\infty a : b : \frac{1}{m} c$
$\infty a : \infty b : c$

Ich maſs die Winkel $f:f$ und $g:g_1$ und führe hier, wie im ganzen Verlauf dieser Arbeit, für diejenigen Winkel, die zur Bestimmung der Axenverhältnisse dienen, die Mittel von mehreren Messungen an:

$f:f = 112^\circ\ 2'$ (a. d. Axe a)
$g:g = 117^\circ\ 56'$ (a. d. Axe b)

Daraus folgt das Axenverhältniſs:

$$a:b:c = 1:1{,}48349:2{,}46569$$

Zwei ungefähre Messungen gaben nun noch die Neigungen der Flächen:

$$a:\infty b:c \text{ zu } a:\infty b:\frac{1}{n}c = 163^\circ\ 10'$$

$$\infty a:b:c \text{ zu } \infty a:b:\frac{1}{m}c = 116^\circ\ 20'$$

woraus ziemlich genau folgt $n=2$ und $m=2$, so daſs also diese Flächenpaare die 2fach stumpferen des dritten und zweiten zugehörigen Paares sind, und die Zeichen erhalten:

$$a:\infty b:\tfrac{1}{2}c$$
$$\infty a:b:\tfrac{1}{2}c$$

Auſserdem wurden noch gemessen die Winkel $f:g$ und $g:h$; die ziemlich genaue Uebereinstimmung der gemessenen Winkel mit den aus dem Axenverhältniſs durch Berechnung folgenden Werthen zeigt folgende Tabelle:[1])

	Berechnet.			Gefunden.
$f:g$	118°	37′		118° 30′
$g:h$	101	10		101 7
$f:h$	140	13		
$h:h$	135	51	(an d. Axe a)	
$o:o$	142	50	(in d. Kante $a:b$)	
$o:o$	76	24	(» » $b:c$)	
$o:o$	116	2	(» » $a:c$)	
$o:f$	161	25		
$o:g$	128	12		
$o:h$	148	1		

1) Legt man die Messungen der Winkel $f:g$ und $g:h$ nach Brooke zu Grunde und berechnet diesen nach die Axenwerthe und die übrigen Winkel, so differiren diese berechneten Winkel mit den entsprechenden von Brooke ebenfalls gemessenen nahe 1°; daher habe ich hier meine Messungen zu Grunde gelegt.

Anderthalbfach citronensaures Kali.

Zu einer mit kohlensaurem Kali neutralisirten Lösung von Citronensäure setzte ich, da aus derselben lange Zeit sich keine Krystalle absetzten, noch etwas Citronensäure in unbestimmtem Verhältnisse hinzu, und erhielt aus dieser sauren Lösung bald Krystalle dieses Salzes; es ist dasselbe schon von Heldt untersucht (vgl. Annal. d. Chemie und Pharm. 47. 161,), soll aber nach Heldt nicht krystallisiren; ohne Zweifel sind meine Krystalle dasselbe Salz, das Heldt in amorphem Zustande erhielt, wie folgende Analysen zeigen. Das Kali wurde zunächst so bestimmt, dafs die trockene Substanz mit Schwefelsäure übergossen langsam und vorsichtig erhitzt, und erst nach einigen Stunden alle freie Schwefelsäure bei sehr hoher Temperatur und mit zugesetztem kohlensauren Ammoniak verjagt wurde. Aufserdem wurde das Salz zur Bestimmung von Kohlenstoff und Wasserstoff mit saurem chromsauren Bleioxyd im Sauerstoffstrom verbrannt. Zu diesen Analysen, wie zu allen folgenden, wurde das betreffende Salz immer erst pulverisirt und im trocknen Luftstrom getrocknet. Das Resultat der Analysen war folgendes:

I. 1,055 Grm. ergaben
Schwefelsaur. Kali = 0,683 enthaltend Kali = 0,369
= 34,98 Proc.

II. 0,945 Grm. ergaben
Schwefelsaur. Kali = 0,613 enthaltend Kali = 0,332
= 35,13 Proc.

III. 0,428 Grm. ergaben
Kohlensäure = 0,434 enthalt. Kohlenstoff = 0,1184
= 27,66 Proc.
Wasser = 0,097 enthalt. Wasserstoff = 0,0108
= 2,52 Proc.

IV. 0,438 Grm. ergaben
Kohlensäure = 0,440 enthalt. Kohlenstoff = 0,120
= 27,39 Proc.
Wasser = 0,084 enthalt. Wasserstoff = 0,0093
= 2,12 Proc.

Nehmen wir nun nach **Berzelius** die Citronensäure an als bestehend aus $C_4 H_2 O_4 = \bar{C}i$, so erhält das Salz die Formel $\dot{K}^2 \bar{C}i^3$;[1]) denn es ergiebt

	die Theorie:	das Mittel a. d. Analysen:
Kali	35,17	35,06
Kohlenstoff	26,83	27,52
Wasserstoff	2,24	2,32

Das Krystallsystem dieses Salzes ist ein 2- und 1gliedriges; wir gehen bei demselben aus von einer symmetrischen Säule (in Fig. 11 Taf. II mit *f* bezeichnet); auf deren *scharfe* Seitenkante gerade aufgesetzt findet sich eine vordere Schiefendfläche (*c*) immer vorherrschend ausgebildet, eine hintere (*d*) untergeordnet; aufserdem treten zwei hintere augitartige Paare auf, von denen das eine *o* in die Kantenzone, das andere *p* in die Diagonalzone der hintern, beide aber in die Kantenzone der vordern Schiefendfläche fallen. Nun kömmt ferner ein vorderes augitartiges Paar vor, ebenfalls aus der Kantenzone der vordern Schiefendfläche (stumpfe Hälfte), und zwar sind die Flächen dieses Paares unter sehr stumpfem Winkel gegen die Säulenfläche geneigt, und gehen oft abgerundet ohne sichtbare Kante in dieselbe über; sie spiegeln daher gar nicht, und sind in Fig. 11, Taf. II nicht gezeichnet. Die anderen Flächen spiegelten auch nicht recht klar, so besonders *c*; gemessen wurden die Winkel:

$$g : g = 83^\circ\ 58' \text{ (an d. Axe } a)$$
$$d : g = 125^\circ\ 55'$$

es können diese Werthe auf keine grofse Genauigkeit Anspruch machen; eine dritte zur Berechnung des 2- und

1) Bekanntlich betrachtet **Liebig** die Citronensäure als dreibasische Säure, ($C_{12} H_3 O_{11} = \bar{C}i$) und schreibt z. B. diefs Salz: $\bar{C}i_1 \left.\begin{matrix} 2KO \\ 1HO \end{matrix}\right\}$. Ferner betrachtet **Löwig** die Citronensäure als bestehend aus $C_6 H_3 O_6 = CiO_6$ nach seiner Ansicht ist das vorliegende Salz das einfachsaure: $KO\,CiO_6$.

Ohne mir über die Constitution der Citronensäure und ihrer Salze bei dieser vorzugsweise krystallographischen Arbeit ein Urtheil erlauben zu wollen, habe ich die Formeln von **Berzelius** beibehalten, die sich ja leicht in die anderen übertragen lassen.

1gliedrigen Krystallsystems nothwendige Messung war nicht möglich, daher ich mich nicht auf die Berechnung einlassen kann.

Einfach citronensaures Natron
(bei gewöhnlicher Temperatur krystallisirt).

Aus einer mit kohlensaurem Natron neutralisirten Lösung von Citronensäure erhält man durch freiwilliges Verdunsten bei der gewöhnlichen Temperatur eines Zimmers schöne und grofse Krystalle dieses Salzes. Es ist dasselbe bereits genau von Berzelius (vgl. Pogg. Ann. XXVII. 292) und von Heldt in der oben erwähnten Abhandlung untersucht, und von Berzelius für dasselbe die Formel aufgestellt: $\dot{N}a\bar{C}i + 3\frac{1}{2}$ aq. Bei 100° verliert es $17\frac{1}{2}$ Proc. oder $2\frac{1}{2}$ At. Wasser nach den übereinstimmenden Angaben von Berzelius und Heldt. Ich fand bei meinen Krystallen auch diesen Gewichtsverlust von $17\frac{1}{2}$ Proc. bei 100°, und einen mit den Analysen von Berzelius und Heldt genau übereinstimmenden Gehalt an Natron, so dafs die organische Analyse dieses Salzes nicht nothwendig war. Bei dieser Natron-Bestimmung, die ähnlich wie im vorigen Salz diejenige des Kali ausgeführt wurde, ergaben:

I. { 0,820 Grm. des Salzes
Schwefels. Natron = 0,495 enthalt. Natron = 0,217
= 26,46 Proc.

II. { 0,910 Grm. des Salzes
Schwefels. Natron = 0,542 enthalt. Natron = 0,238
= 26,15 Proc.

	d. Theorie giebt:	d. Mittel aus beiden Analysen:
Natron	= 26,18	26,30 Proc.

Das Krystallsystem dieses Salzes ist ein sehr ausgebildetes 2- und 2gliedriges; es treten in der horizontalen Zone zwei verschiedene Säulen auf (*f* und *f'* in Fig. 12 Taf. II) mit der Abstumpfung der stumpfen und scharfen Seitenkante (*a* und *b*); aufserdem ist vielfache Säulenbildung durch Streifung angezeigt; auf der Abstumpfung der stumpfen Seitenkante gerade aufgesetzt ist eine Zuschärfung

(h) und in deren Diagonalzone zwei verschiedene Octaëderflächen (o und o'), von denen aber keine auf einer der Säulenflächen gerade aufgesetzt ist; endlich kommt noch, aber sehr selten, das dritte zugehörige Paar vor (wenn wir die Säule f und die Zuschärfung h als erstes und zweites betrachten), leicht als solches zu erkennen, wenn es auch nur klein auftritt, durch die Zone von h nach f, in welche es fällt. In krystallographischen Zeichen ausgedrückt haben wir also folgende Flächen:

$a : b : \infty c$ (f in Fig. 12 Taf. II.)
$a : \frac{1}{n} b : \infty c$ (f' » »)
$a : \infty b : \infty c$ (a » »)
$\infty a : b : \infty c$ (b » »)
$a : \infty b : c$ (h » »)
$a : \frac{1}{m} b : c$ (o » »)
$a : \frac{1}{m'} b : c$ (o' » »)
$\infty a : b : c$

Die Messungen ergaben:

$h : h = 137^\circ\ 4'$ (an der Axe c)
$f : b = 122^\circ\ 5'$
$f' : f' = 86^\circ\ 6'$ (an der Axe b)

Legen wir dem Krystallsystem das den zwei Paaren h und f zukommende Octaëder zu Grunde, so wird das Axenverhältnifs:

$$a : b : c = 1 : 1{,}59517 : 0{,}393239.$$

Aus der Messung $f' : f'$ ergiebt sich $m = 1{,}49012$, wofür wir $\frac{3}{2}$ setzen, also der zweiten Säulenfläche das Zeichen geben:

$$a : \tfrac{2}{3} b : \infty c.$$

Die Flächen o und o' bestimmen sich durch Zonenverhältnisse; aufser in die Diagonalzone, welcher beide Flächen angehören, fällt o in die Zone von der hinteren Fläche, h zur hinteren Fläche f, und o' in die Zone von der hinteren Fläche h, zur hinteren Fläche f'; in der Zeichnung sind diese Zonen nicht sichtbar, weil in derselben alle Flächen

chen im Gleichgewicht auftreten; wo aber an den Krystallen eine Octaëderfläche auf der hinteren oder vorderen Seite vorherrschend ausgebildet ist, da treten sie ganz deutlich hervor. Danach erhalten die beiden Octaëder die Zeichen:

$$a : \tfrac{1}{2}b : c \quad (o)$$
$$a : \tfrac{1}{3}b : c \quad (o')$$

Aufserdem wurden nun noch folgende Winkel

	berechnet:	gemessen:
$h : a$	111° 28'	111° 22'
$f : a$	127 55	
$f : f$	115 50	
$f : f'$	169 2	169 4
$f' : a$	136 57	
$f' : b$	133 3	
$o : h$	155 21	155 40
$o : b$	114 39	
$o' : h$	145 28	
$o' : b$	124 32	
$o : o'$	170 7	170 23
$o : o$	141 8	(in d. Kante $\frac{1}{2}b : c$)
$o' : o'$	144 54	(» $\frac{1}{3}b : c$)

Blätterigen Bruch zeigen die Krystalle, aber nicht sehr vollkommen, parallel den Flächen *a* und *b*. Die Angabe von Heldt, dafs das Salz schnell verwittere, habe ich nicht bestätigt gefunden.

Einfach citronensaures Natron
(in höherer Temperatur krystallisirt).

Läfst man die mit kohlensaurem Natron neutralisirte Lösung bei einer Temperatur von 60° oder bei noch höherer Temperatur verdunsten, so bilden sich schöne und grofse Krystalle des 2- und 1gliedrigen Systems von folgender Zusammensetzung:

I. 0,985 Grm. d. Salzes ergaben mit Schwefels. behand.: Schwefels. Natron $= 0{,}713$ enthalt. Natron $= 0{,}312$ $= 31{,}684$ Proc.

II.
0,525 Grm. ergaben:
Schwefels. Natron = 0,379 enthalt. Natron = 0,166
= 31,62 Proc.

ferner im Sauerstoffstrom mit saurem chromsauren Bleioxyd verbrannt gaben:

III.
0,424 Grm.:
Kohlensäure = 0,386 enthalt. Kohlenstoff = 0,1054
= 24,87 Proc.
Wasser = 0,124 enthalt. Wasserstoff = 0,0138
= 3,25 Proc.

IV.
0,427 Grm.:
Kohlensäure = 0,382 enthalt. Kohlenstoff = 0,1042
= 24,40 Proc.
Wasser = 0,127 enthalt. Wasserstoff = 0,0141
= 3,30 Proc.

Aus diesen Analysen folgt für das Salz die chemische Formel $\dot{Na}\bar{C}i + 1$ aq.; denn es giebt

	d. Theorie:	d. Mittel aus d. Analysen:
Natron	= 31,77	31,65 Proc.
Kohlenstoff	= 24,44	24,63 «
Wasserstoff	= 3,06	3,27 «

Das Atom Krystallwasser geht bei 100° nicht fort, und es hat also diefs Salz ganz dieselbe Zusammensetzung wie das bei 100° getrocknete bei gewöhnlicher Temperatur krystallisirte Salz. Wird das bei 100° getrocknete nur noch 1 At. Wasser haltende Salz, oder auch das 2- und 1gliedrige ursprünglich nur 1 At. Wasser haltende Salz wieder in Wasser gelöst, und die Lösung bei gewöhnlicher Temperatur der freiwilligen Verdunstung überlassen, so bilden sich in beiden Fällen wieder die 2- und 2gliedrigen Krystalle des $3\frac{1}{3}$ At. Wasser haltenden Salzes.

Was nun das 2- und 1gliedrige Krystallsystem unseres Salzes betrifft, so habe ich dasselbe, sowie die unten folgenden 1- und 1gliedrigen Salze auf rechtwinklige Coordinaten bezogen, gestützt auf diejenigen Werthe der gemessenen Winkel, die sich als Mittel von mehreren Messungen ergaben. Damit ist für die vorliegenden Fälle

dem Vorwurf begegnet, dafs man sich zur Annahme von rechtwinkligen Axen willkührlich von den gemessenen Winkelwerthen entfernen müsse. Was den zweiten Einwand betrifft, welcher vorzüglich gegen die Annahme von rechtwinkligen Axen erhoben worden ist, nämlich dafs die Flächenausdrücke auf rechtwinklige Axen bezogen nicht so einfach werden, wie auf passend gewählte schiefwinklige, so mufs ich denselben theilweise auch in Beziehung auf die hier zu beschreibenden Krystalle gelten lassen; ich finde aber für diese complicirteren Ausdrücke bei rechtwinkligen Axen reichlichen Ersatz in dem einfachen Zusammenhang, welcher nur bei rechtwinkligen Axen zwischen dem 2- und 2gliedrigen, 2 und 1gliedrigen, und 1- und 1gliedrigen Krystallsystem stattfindet, und alle drei Systeme in ein einziges, das 1- und 1axige vereinigt; ich finde ferner reichlichen Ersatz darin, dafs nur durch rechtwinklige Axen das Zonengesetz in seiner Allgemeinheit festgehalten wird, und glaube allerdings, dafs dasselbe allen krystallinischen Bildungen eigen, und so allgemein ist, als das Gesetz der bestimmten Verhältnisse in der Chemie. Und sollte man sich denn, um noch einmal auf die Flächenausdrücke zurückzukommen, bei diesen so sehr vor den über 6 und 7 hinausgehenden Zahlen scheuen, während man doch den Sauerstoffgehalt der verschiedenen Basen und Säuren auch nicht in allen Mineralien in so einfachen Verhältnissen vertheilt findet, wie es z. B. beim Feldspath der Fall ist, sondern bei vielen krystallisirten chemischen Verbindungen auch zu ziemlich complicirten chemischen Formeln seine Zuflucht nehmen mufs?

Gehen wir nun zur näheren Betrachtung der Krystallform über, so finden wir eine symmetrische Säule (in Fig. 13 Taf. II mit *f* bezeichnet), deren scharfe und stumpfe Seitenkanten gerade abgestumpft sind durch die Flächen *b* und *a*; die Fläche *b* ist immer vorherrschend in der Begränzung, die Fläche *a* meist untergeordnet. Auf der Abstumpfung der stumpfen Seitenkante gerade aufgesetzt haben wir eine vordere und eine hintere Schiefendfläche

(h und h'); ferner die gepaarten Flächen o aus der Diagonalzone der vorderen und Kantenzone der hinteren Schiefendfläche, und die gepaarten Flächen o' aus der Kantenzone der vorderen Schiefendfläche (stumpfe Hälfte) und der Zone von der Diagonalfläche nach der hinteren Säulenfläche derselben Seite. — Nehmen wir nun an, die vordere Schiefendfläche schneide die verticale Axe in der Einheit, so erhalten die angeführten Flächen folgende Zeichen:

$a : b : \infty c$ (f in Fig. 13 Taf. II)
$a : \infty b : \infty c$ (a » »)
$\infty a : b : \infty c$ (b » »)
$a : \infty b : c$ (h » »)
$a' : \infty b : nc$ (h' » »)
$a : \frac{1}{m} b : c$ (o » »)
$\frac{1}{p} a : \frac{1}{q} b : c$ (o' » »)

Gemessen wurden nun folgende Winkel:

$h' : a = 140^\circ \; 32'$
$f : f = 102 \;\; 30$ (an d. Axe a)
$h : h' = 103 \;\; 33$

Aus dem Säulenwinkel folgt:

$$a : b = 1 : 1{,}24597$$

aus dem Winkel $h' : a$ folgt:

$$a : nc = 1 : 1{,}21454.$$

Aus den beiden Winkeln $h' : a$ und $h' : h$ folgt der Winkel von h zur Horizontalebene $= 25^\circ \; 35'$ und daraus das Verhältnifs:

$$a : c = 1 : 0{,}485933$$

also

$$a : b : c = 1 : 1{,}24597 : 0{,}485933$$

ferner:

$$\frac{nc}{c} = n = 2{,}49939$$

wofür wir genau $\frac{5}{2}$ setzen dürfen, so dafs der Ausdruck der hintern Schiefendfläche wird:

$$a : \infty b : \tfrac{5}{2} c = \tfrac{2}{5} a : \infty b : c.$$

Aus den angeführten Zonen folgen nun leicht die Aus-

drücke für die Flächen o und o'; in der Fig. 14 Taf. II. beigefügten graphischen Projection ist nämlich das Dreieck AOP ähnlich dem Dreieck ABC, woraus folgt:

$$OP = \tfrac{2}{7} b$$

also erhält die Fläche o das Zeichen:

$$a : \tfrac{2}{7} b : c.$$

Ferner folgt aus der Aehnlichkeit der Dreiecke AOP und ADE für den Zonenpunkt E der Ausdruck $\frac{2}{9}a + \frac{2}{9}b : c$; und nun aus der Aehnlichkeit des Dreiecks GOF sowohl mit FAH als mit GER:

$$OF = \tfrac{4}{11} a$$

$$OG = \tfrac{4}{7} b,$$

so dafs die Fläche o' den Ausdruck erhält:

$$\tfrac{4}{11} a : \tfrac{4}{7} b : c.$$

Folgende Winkel wurden noch

	berechnet:	gemessen:
$h : f =$	109° 56′	110° 2′
$h' : f =$	127 1	126 54
$h : a =$	115 55	
$o : h =$	129 10	
$o : b =$	140 50	
$f : a =$	141 15	
$f : b =$	128 45	128 44.

Die Krystalle zeigen ziemlich vollkommen blättrigen Bruch parallel den Säulenflächen, weniger vollkommen, doch noch deutlich, parallel der hintern Schiefendfläche.

Anderthalbfach citronensaures Ammoniumoxyd.

Aus einer mit kohlensaurem Ammoniak neutralisirten Lösung von Citronensäure erhält man durch freiwilliges Verdunsten erst nach längerer Zeit Krystalle des 2- und 2-gliedrigen Systems; die zurückbleibende Flüssigkeit färbt sich dabei braun. Ganz dieselben Krystalle erhält man viel schneller, wenn die Lösung erst gekocht wird, wobei Ammoniak entweicht. Setzt man zu der neutralen Lösung noch halb so viel Citronensäure, als sich in derselben befindet, so bilden sich aus dieser sauren Lösung nach eini-

ger Zeit ebenfalls Krystalle des 2- und 2-gliedrigen Systems, die mit den vorigen chemisch und krystallographisch identisch sind, aber auf den ersten Blick von jenen verschieden zu seyn scheinen, weil mehrere Flächen an demselben ausgebildet sind, die an jenem fehlen. (Näheres über den Zusammenhang der beiden Krystallformen folgt nachher.) Es ist diefs Salz schon von **Berzelius** und **Heldt** untersucht, und von jenem dafür die Formel aufgestellt:

$$\dot{A}m^2 \bar{C}i^3.$$

Das Ammoniumoxyd wurde in diesem, wie in den zwei folgenden Salzen auf die Weise bestimmt, dafs die Lösung des Salzes mit Natronhydrat versetzt, und so lange gekocht wurde, bis alle Ammoniak-Dämpfe übergegangen waren; diese wurden in drei Flaschen mit verdünnter Salzsäure aufgefangen, von denen die erste beständig in kaltem Wasser erhalten wurde, und daraus das Ammoniak auf gewöhnliche Weise als Platinsalmiak bestimmt.

I. { 1,648 Gr. des Salzes ergaben
Platinsalmiak = 3,243 entsprechend Ammoniumoxyd
= 0,375 = 22,76 Proc.

II. { 1,167 Gr. ergaben
Platinsalmiak = 2,351 entsprechend Ammoniumoxyd
= 0,272 = 23,30 Proc.

Es giebt die Theorie:	das Mittel aus beiden Analysen:
Ammoniumoxyd = 23,01	23,03 Proc.

Da dieser Gehalt an Ammoniumoxyd mit den Analysen von **Heldt** übereinstimmt, wurde keine organische Analyse gemacht.

Was nun die Krystallform des Salzes betrifft, so sagt **Heldt** in der oben erwähnten Abhandlung, dafs er diefs Salz in zwei verschiedenen Krystallformen erhalten habe, die chemisch identisch seyen, dafs also diefs Salz ein Beispiel von einer dimorphen chemischen Verbindung sey; aus einer stark concentrirten Lösung sollen nach seiner Angabe nach einigen Stunden schon rhombische Prismen, beim freiwil-

ligen Verdunsten in der Winterkälte dagegen klinorhombische Prismen sich bilden. Mir ist es unter keinen Umständen gelungen klinorhombische Prismen darzustellen, und darüber, daſs die einfachen Krystalle aus der neutralen Lösung krystallographisch identisch seyen mit den complicirteren aus der sauren Lösung, mag folgende nähere Betrachtung den Beweis liefern.

Die Krystalle aus der sauren Lösung, die in Fig. 16 Taf. II. abgebildet sind, zeigen eine niedrige Säule (f) auf deren stumpfe Kante die Zuschärfung (h) gerade aufgesetzt ist; ferner die gerad angesetzte Endfläche (c) stets vorherrschend ausgebildet, so daſs die Krystalle tafelartig erscheinen; die scharfe Säulenkante ist gerad abgestumpft durch die Fläche b; auf die Säulenflächen gerad aufgesetzt kommen die Flächen eines Octaëders o vor, die zugleich in die Diagonale jener Zuschärfungsfläche fallen, so daſs also, wenn wir dieſs Octaëder dem System zu Grunde legen, jene Zuschärfung die Abstumpfung der Kante $a:c$ dieses Octaëders, oder das dritte zugehörige Paar ist. Nun kommt noch ein zweites Octaëder o' vor, das ebenfalls in die Diagonalzone $a:c$ und auſserdem in die Zone von h nach f fällt, woraus folgt, daſs diese Octaëderfläche o' die Axen a und c in der Einheit, und b in der Hälfte schneidet. Es werden somit die Ausdrücke dieser Flächen:

$$a:b:c \quad (o)$$
$$a:\tfrac{1}{2}b:c \quad (o')$$
$$a:b:\infty c \quad (f)$$
$$a:\infty b:c \quad (h)$$
$$\infty a:\infty b:c \quad (c)$$
$$\infty a:b:\infty c \quad (b).$$

Gemessen wurden die Winkel:

$$h:h = 134^\circ\ 38'$$
$$f:b = 119\ \ 53;$$

aus denen das Axenverhältniſs folgt:

$$a:b:c = 1:1{,}74022:2{,}39253.$$

An den Krystallen aus der neutralen Lösung, die in Fig. 15 Taf. II. dargestellt sind, haben wir blofs die Flächen c, b und h und seltener auftretend die Fläche aus der Zone von der Fläche b nach c d. h. die aus der Verticalzone des zweiten zugehörigen Paares, die c in der Einheit und b in $\frac{1}{n}$ schneiden möge, dann erhalten also diese Flächen die Zeichen:

$$a:\infty b:c \quad (h)$$
$$\infty a:b:\infty c \quad (b)$$
$$\infty a:\infty b:c \quad (c)$$
$$\infty a:\frac{1}{n}b:c \quad (g)$$

der Winkel $h:h$ wurde bei diesen Krystallen genau ebenso grofs gefunden, wie bei den vorigen; aufserdem wurde gemessen:

$$g:b = 160^\circ\ 15'$$

woraus folgt $g:g = 140^\circ\ 30'$; aus diesen beiden Winkeln $h:h$ und $g:g$ ergiebt sich aber das Verhältnifs:

$$a:\frac{1}{n}b:c = 1:0{,}85901:2{,}39253$$

dieser Werth von $\frac{1}{n}b$ steht aber zu dem vorigen b in einem sehr einfachen Verhältnifs, es wird nämlich:

$$n = \frac{1{,}74022}{0{,}85901} = 2{,}02\ldots$$

wofür wir genau 2 setzen, und der Fläche g das Zeichen geben:

$$\infty a:\tfrac{1}{2}b:c$$

d. h. sie ist die zweifach schärfere des zweiten zugehörigen Paars, oder die Abstumpfung der Kante $\frac{1}{2}b:c$ des Octaëders o', das bei den complicirteren Krystallen vorkommt. Auffallender Weise habe ich diefs Octaëder o' an den einfacheren Krystallen gar nie, und umgekehrt die Fläche $\infty a:\frac{1}{2}b:c$ an den complicirteren gar nie bemerkt, ob-

gleich ich beide in grofsem Vorrath besafs. Die angeführten Zahlen beweisen aber doch, dafs beide krystallographisch identisch sind. Werden die aus der neutralen Lösung herauskrystallisirten einfachen Krystalle wieder in Wasser gelöst, so bilden sich, wie zu erwarten, da wir nun eine saure Lösung haben, die complicirteren.

Ich habe in der Zeichnung Fig. 16 Taf. II. die ausgebildeteren Krystalle so dargestellt, dafs alle Octaëderflächen vollzählig und gleich stark ausgebildet vorkommen. In der Wirklichkeit ist diefs nicht der Fall, was um so mehr dazu beiträgt, diese Krystalle beim ersten Anblick nicht für identisch zu halten mit den einfachen; es treten nämlich die Octaëderflächen *o* und *o'* meist hemiëdrisch auf, so dafs sie an und für sich rechte und linke Tetraëder bilden würden, und zwar treten *o* und *o'* immer zusammen auf derselben Seite auf, und verschwinden also auch auf derselben Seite. Die Mehrzahl der Krystalle, an denen diese Octaëderflächen hemiëdrisch auftreten, ist so grofs, dafs ich diese Hemiëdrie erst für eine gesetzmäfsige hielt, und glaubte eine Analogie zu der Hemiëdrie der traubensauren Salze gefunden zu haben. Endlich bemerkte ich aber auch einige Krystalle, an denen die Octaëderflächen vollzählig ausgebildet waren, und damit war jenes hemiëdrisches Auftreten als ein zufälliges, nicht gesetzmäfsiges bezeichnet. Ich trennte aber dennoch eine Anzahl rechter und linker Krystalle, um deren Lösung im polarisirten Licht zu betrachten, und fand, dafs weder die rechten noch die linken die Polarisations-Ebene drehten.

Dafs nun wirklich diefs Salz nach Heldt aufserdem noch in klinorhombischen Prismen krystallisirt, will ich nicht in Abrede stellen; aber eine Verwechslung der zuletzt beschriebenen hemiëdrischen Krystalle mit 2- und 1-gliedrigen liegt sehr nahe.

Es bleibt noch übrig die berechneten, und einige noch gemessene Winkel anzuführen:

	Berechnet:		Gemessen:
$o:o$	140° 10′	(in d. Kante $a:b$)	
$o:f$	160 5		
$o:c$	109 55		
$o':o'$	149 18	(in d. Kante $a:\frac{1}{2}b$)	
$o':c$	105 21		105° 36′
$o:h$	152 4		
$o:o'$	161 15		
$o:o$	124 8	(in d. Kante $a:c$)	
$o':b$	136 41		136 45
$o':h$	133 19		
$o':o'$	86 38	(in d. Kante $a:c$)	
$h:c$	122 41		
$o:o$	70 48	(in d. Kante $b:c$)	
$o':o'$	101 28	(» » » $\frac{1}{2}b:c$).	

Zweifach citronensaures Ammoniumoxyd.

Setzt man zu einer mit kohlensaurem Ammoniak neutralisirten Lösung von Citronensäure noch gerade so viel Citronensäure als in jener schon enthalten ist, so bilden sich beim freiwilligen Verdunsten der Lösung in gewöhnlicher Temperatur schöne Krystalle des 1- und 1-gliedrigen Systems. Da keine Analyse dieses Salzes vorhanden ist, so wurde nicht blofs das Ammoniumoxyd bestimmt, sondern auch der Kohlenstoff und Wasserstoff durch die Verbrennung im Sauerstoffstrom bei einer vorgelegten etwa 6 Zoll langen Schicht von Kupferspähnen. Das Resultat der Analysen war folgendes:

I. 1,323 Grm. gaben
Platinsalmiak = 2,005 entsprechend Ammoniumoxyd = 0,232 = 17,54 Proc.

II. 1,356 Grm. gaben
Platinsalmiak = 2,110 entsprechend Ammoniumoxyd = 0,244 = 17,99 Proc.

III. 0,487 Grm. gaben
Kohlensäure = 0,597 enthaltend Kohlenstoff = 0,1628 = 33,43 Proc.
Wasser = 0,254 enthaltend Wasserstoff = 0,0282 = 5,79 Proc.

IV. 0,405 Grm. gaben
Kohlensäure $=0,505$ enthaltend Kohlenstoff $=0,1377$
$=34,00$ Proc.
Wasser $=0,210$ enthaltend Wasserstoff $=0,0233$
$=5,75$ Proc.

Aus diesen Analysen folgt für diefs Salz die Formel:

$$\dot{A}m\bar{C}i^2,$$

denn es giebt

	die Theorie:	d. Mittel dieser Analysen:
Ammoniumoxyd	18,31	17,77
Kohlenstoff	33,80	33,72
Wasserstoff	5,64	5,77.

Gehen wir nun zur näheren Betrachtung des 1- und 1-gliedrigen Krystallsystems über, so zeigt dasselbe drei Flächen in der horizontalen Zone (b, f und f' in Fig. 17 Taf. II.) von denen ich eine (b) als parallel der Ebene der Axen ac nehmen will, also als senkrecht stehend auf der Axe b. Gegen diese Fläche b sind f und f' ungleich geneigt, bilden also eine unsymmetrische Säule. Dazu kommt nun eine vereinzelte Octaëderfläche (o) in der Regel grofs ausgebildet, und aufserdem zwei andere mehr untergeordnet (o' und o'') beide in der Zone von der Fläche o nach b, und zwar o'' auf derselben Seite der Coordinat-Ebene ac, wie o, o' dagegen auf der entgegengesetzten. Die Axe dieser Zone von o' über o'' und o nach b geht offenbar von der Coordinatenaxe a nach der Coordinatenaxe c, und da wir keine anderen Anhaltspunkte zur Bestimmung des Verhältnisses $\frac{a}{c}$ haben, so nehmen wir an, es schneiden diese Flächen die Axen a und c in der Einheit, während sie von der Axe b, $\frac{1}{n}$, $\frac{1}{n'}$ und $\frac{1}{n''}$ abschneiden möge. Um das Verhältnifs der Axen a und b zu bestimmen, gehen wir von der Säulenfläche f aus, und nehmen an, dafs die andere Säulenfläche (f') die Axe b in mb schneiden möge; dann bekommen unsere Flächen auf rechtwinkliche Axen bezogen folgende Zeichen:

$$\infty a : b : \infty c \quad (b)$$
$$a : b : \infty c \quad (f)$$
$$a : mb : \infty c \quad (f')$$
$$a : \frac{1}{n} b : c \quad (o)$$
$$a : \frac{1}{n'} b : c \quad (o')$$
$$a : \frac{1}{n''} b : c \quad (o'').$$

Es wurden nun folgende Winkel gemessen:

$f : b = 125^\circ\ 40'$
$f' : b = 105\ \ 10$
$o : b = 139\ \ 40$
$o : f = 101\ \ 20$ (u. zwar d. Fläche f
$o' : b = 121\ \ 31$ d. hintern Seite)
$o : o'' = 146\ \ 28.$

Ein physikalischer Unterschied der Flächen f und f' zeigt sich schon darin, dafs die Fläche f nie klar spiegelt, wohl aber f', daher auch auf die Genauigkeit der Messung $f : b$ nicht viel Gewicht zu legen ist. Die Messungen von $f : b$ differirten im Maximum um 40'; ich glaube aber, dafs diese grofse Differenz nicht blofs der ungenauen Messung zuzuschreiben ist, sondern theilweise von wirklichen Differenzen in den Winkeln einzelner Individuen herrührt. Hier wie in den anderen Fällen habe ich die Mittel aus allen Messungen genommen. Aus den Messungen $f : b$ und $f' : b$ ergeben sich zunächst die Verhältnisse:

$$a : b \ \ = 1 : 1{,}39336$$
$$a : mb = 1 : 3{,}68909$$

also

$$m = \frac{3{,}68909}{1{,}39336} = 2{,}647\ldots.$$

Diesem Werthe von m liegt das Verhältnifs $\frac{8}{3}$ sehr nahe, $\frac{13}{5}$ nicht ferne; da die Messnng $f' : b$ ziemlich unsicher ist, so hat das eine so viel Wahrscheinlichkeit für sich als das andere; vielleicht ist aber keines von beiden richtig, sondern das wahre Verhältnifs $\frac{5}{2}$; indefs müfste ich, um diefs anzunehmen, mit dem Werthe des Winkels

$f:b$ noch unter den niedrigsten von den durch Messung erhaltenen Werthen hinabgehen; daher entscheide ich mich für $\frac{8}{3}$ und gebe der Fläche f' das Zeichen:

$$a:\frac{8}{3}b:\infty c.$$

Aus der Messung $o:b$ ergiebt sich nun ferner die Gleichung:

$$\frac{1}{n}b=\frac{ac}{\sqrt{a^2+c^2}}\,\mathrm{tg}(40^\circ\ 20')$$

und aus der Messung $o:f$ eine zweite Gleichung:

$$\cos(101^\circ\ 20')=c\frac{b^2-na^2}{\sqrt{a^2+b^2}\sqrt{c^2(n^2a^2+b^2)+a^2b^2}}.$$

Aus diesen zwei Gleichungen können wir, da a und b bekannt sind, n und c bestimmen; und zwar ergiebt sich durch Elimination von c:

$$n=\frac{b^2}{1+\cos(101^\circ\ 20')\sqrt{1+b^2}\sqrt{1+\mathrm{tg}^2(40^\circ\ 20')}}=3{,}480\ldots$$

und dafür dürfen wir wohl genau setzen

$$n=3{,}5=\frac{7}{2},$$

wonach die Fläche o das Zeichen bekömmt:

$$a:\frac{2}{7}b:c.$$

Die Werthe von n' und n'' ergeben sich aus den Messungen $o':b$ und $o'':o$. Die Tangenten der Neigungswinkel der Flächen o, o', o'' zu der Coordinatebene ac geben uns nämlich die Verhältnisse, in denen dieselben die Axe b schneiden; aus den Messungen folgt, dafs o einen Werth von 40° 20′, O′ : 58° 29′ und O″ : 73° 52′ mit dieser Coordinatebene bildet; nun ist:

$$\mathrm{tg}\,(40^\circ\ 20')=0{,}849062$$
$$\mathrm{tg}\,(58^\circ\ 29')=1{,}63079$$
$$\mathrm{tg}\,(73^\circ\ 52')=3{,}45703.$$

Es verhalten sich aber diese Zahlen nahe $=1:2:4$, also erhalten die Flächen o' und o'' die Zeichen:

$$a:\frac{4}{7}b:c$$
$$a:\frac{8}{7}b:c.$$

Wollen wir noch den Werth der Axe c berechnen, so findet sich

$$\frac{c}{\sqrt{1+c^2}}\,\mathrm{tg}\,(40^\circ\,20') = \frac{1,39336}{3,5}$$

$$c = 0,530839$$

also

$$a:b:c = 1:1,39336:0,530839.$$

Selten kommt an den Krystallen noch eine Fläche vor aus der Zone von *o* nach der Säulenfläche *f* der hinteren Seite.

Dreifach citronensaures Ammoniumoxyd.

Wenn zu einer mit kohlensaurem Ammoniak neutralisirten Lösung noch zwei Mal so viel Citronensäure zugesetzt wird, als zum Neutralisiren nöthig war, so krystallisirt diefs Salz beim freiwilligen Verdunsten in gewöhnlicher Temperatur nach einiger Zeit in kleinen, aber mefsbaren Krystallen des 1- und 1-gliedrigen Systems. Aus der von den zuerst abgesetzten Krystallen abgegossenen Flüssigkeit krystallisirt nochmals dasselbe Salz ungemengt, und erst aus der von der zweiten Krystallisation abgegossenen Flüssigkeit erhielt ich Krystalle dieses Dreifachcitronensauren Salzes gemengt mit denen des Zweifachsanren. Das Resultat der Analysen des dreifachsauren Salzes war folgendes:

I. 1,596 Grm. gaben
Platinsalmiak = 1,686 entsprechend Ammoniumoxyd = 0,195 = 12,22 Proc.

II. 1,217 Grm. gaben
Platinsalmiak = 1,296 entsprechend Ammoniumoxyd = 0,150 = 12,32 Proc.

III. 0,430 Grm. gaben
Kohlensäure = 0,540 enthaltend Kohlenstoff = 0,1473 = 34,26 Proc.
Wasser = 0,208 enthaltend Wasserstoff = 0,0231 = 5,37 Proc.

IV. 0,441 Grm. gaben
Kohlensäure = 0,565 enthaltend Kohlenstoff = 0,1541 = 34,94 Proc.
Wasser = 0,220 enthaltend Wasserstoff = 0,0244 = 5,53 Proc.

daraus folgt die Formel:

$$\dot{A}m\ \bar{C}i^3 + 1\ aq.$$

Für diese gilt

	die Theorie:	das Mittel aus den Analysen:
Ammoniumoxyd	= 12,44	12,27 Proc.
Kohlenstoff	= 34,45	34,60 »
Wasserstoff	= 5,26	5,45 »

Das 1- und 1-gliedrige System dieser Krystalle ist in seiner Entwicklung ganz ähnlich dem vorigen; wir haben wieder eine unsymmetrische Säule, deren Flächen (f und f' in Fig. 18 Taf. II.) ungleich geneigt sind gegen die der Coordinatebene ac parallel angenommene Fläche b; aufserdem wieder zwei vereinzelte Octaëderflächen, welche die Flächen b in parallelen Kanten schneiden, also in die Zone $a:c$ gehören; auf rechtwinkliche Axen bezogen haben wir also die Flächen:

$$a : b : \infty c \quad (f)$$
$$a : mb : \infty c \quad (f')$$
$$\infty a : b : \infty c \quad (b)$$
$$a : \frac{1}{n} b : c \quad (o)$$
$$a : \frac{1}{n'} b : c \quad (o').$$

Gemessen wurden folgende Winkel:

$$f : b = 109^\circ\ 16'$$
$$f : f' = 139\ \ 21$$
$$o : o' = 121\ \ 12$$
$$o' : b = 132\ \ 22$$
$$o : f = 110\ \ \ 5$$ (u. zwar die Fläche f der vordern Seite).

Aus den Messungen $f:b$ und $f:f'$ folgt:

$$a : b \quad = 1 : 2{,}86089$$
$$a : mb = 1 : 2{,}55389$$

$$\text{also } m = \frac{2{,}55389}{2{,}86089} = 0{,}893 \ldots.$$

diesem Werth von m liegt $\frac{8}{9}$ sehr nahe, also geben wir der Fläche f' das Zeichen:

$$a : \tfrac{8}{9} b : \infty c.$$

Aus den Messungen $o:o'$ und $o':b$ folgt der Winkel $o:b = 106^\circ\, 26'$, und daraus die Gleichung:

$$\frac{1}{n}\, b = \frac{ac}{\sqrt{a^2+c^2}}\, \mathrm{tg}(73^\circ\, 34')$$

ferner folgt aus der Messung $o:f$ die Gleichung:

$$\cos(110^\circ\, 5') = -c\, \frac{na^2+b^2}{\sqrt{a^2+b^2}\sqrt{c^2(b^2+n^2a^2)+a^2b^2}}$$

und aus diesen zwei Gleichungen findet sich:

$$n = -\frac{b^2}{1+\cos(110^\circ 5')\sqrt{1+b^2}\sqrt{1+\mathrm{tg}^2(73^\circ\, 34)}} = +3{,}055\ldots.$$

Dafür setzen wir genau $n=3$ und geben der Fläche o das Zeichen:

$$a : \tfrac{1}{3}\, b : c.$$

Den Ausdruck für o' erhalten wir wieder, wenn wir die Tangenten des Neigungswinkels dieser Fläche zur Coordinatenebene ac, der das Complement des Winkels $o':b$ also $= 47^\circ\, 38'$ ist, vergleichen mit der Tangente des Neigungswinkels von o zu dieser Ebene, welcher $= 73^\circ\, 34'$ ist. Nun ist:

$$\mathrm{tg}(73^\circ\, 34') = 3{,}39042$$
$$\mathrm{tg}(47^\circ\, 38') = 1{,}09642.$$

Diese Zahlen verhalten sich nahe wie $3:1$; da nun die Fläche o die Axe a in $\frac{1}{3}$ schneidet, so wird also o' dieselbe in $\frac{1}{9}$ schneiden, und das Zeichen von o' wird:

$$a : \tfrac{1}{9}\, b : c.$$

Setzen wir noch $n=3$ in die erstere der beiden obigen Gleichungen ein, so folgt

$$c = 0{,}293104$$

also das Verhältnifs:

$$a : b : c = 1 : 2{,}86089 : 0{,}293104.$$

Es bleibt noch zu erwähnen, dafs in der Zone von o nach der Fläche f der hintern Seite bisweilen eine oder mehrere Flächen vorkommen, die abgerundet in die Säulen-

fläche

fläche übergehen; besonders auffallend ist diese Abrundung bei gröfsern Individuen.

Schliefslich will ich noch bemerken, dafs die Zeichnungen der eben beschriebenen Krystalle *schiefe* geometrische Projectionen sind, während gewöhnlich beim Krystallzeichnen die Methode der geraden Projection angewendet wird; es gewährt die Methode der schiefen Projection wesentliche Vortheile vor derjenigen der geraden, und verdient gewifs mehr in Aufnahme zu kommen.

VII. *Ueber gediegen Eisen aus der Keuperformation bei Mühlhausen in Thüringen; von J. G. Bornemann.*

Bei der grofsen Seltenheit des tellurisch gediegenen Eisens und den vielseitigen Zweifeln, die über alle Vorkommnisse dieser Art erhoben worden sind, mufs ein jeder Beitrag von Interesse seyn, der über diesen Gegenstand Licht bringen und zu einer sicheren Entscheidung führen kann.

Schon oftmals hat man Eisenmassen aufgefunden, die anfangs für irdischen Ursprungs erklärt wurden; bei den meisten derselben aber wurde es entweder durch eine gründliche Untersuchung nachgewiesen, dafs dieselben meteorischen (kosmischen) oder künstlichen Ursprungs seyen, oder man wähnte diefs nach oberflächlicher Betrachtung für eine ausgemachte Sache ausgeben zu können.

Nur wenige Vorkommnisse tellurisch gediegenen Eisens, ja man kann sagen nur ein einziges, nämlich das Eisen von Kamsdorf, hat den vielseitigen Anfechtungen zum Trotz bei einer grofsen Anzahl bedeutender Geologen und Chemiker unbedingte Anerkennung gefunden, und wird als tellurisches Gediegen-Eisen in den mineralogischen Hand-

büchern aufgeführt. Viele andere Vorkommnisse, namentlich diejenigen, welche aus ferneren Ländern gemeldet worden sind, pflegt man immer noch zu bezweifeln, und manche unserer deutschen Naturforscher sind so weit gegangen, dafs sie *a priori* das Nichtvorkommen von gediegenem Eisen irdischen Ursprunges behauptet haben und nur künstliches und Meteor-Eisen anerkennen mögen, wenn auch ein wahrer Grund für ein solches Verfahren sich nicht angeben läfst.

Gegen dieses Vorurtheil der Einen und die Zweifel der Anderen läfst sich nur mit Thatsachen ankämpfen; und um das wirkliche Vorhandenseyn tellurischen Gediegen-Eisens auch für Diejenigen zu beweisen, denen die mannigfachen Angaben über das Kamsdorfer und andere derartige Vorkommnisse hierzu nicht genügend scheinen, kann nichts Anderes von Wirkung seyn als die Nachweisung weiterer Vorkommnisse, die sich weniger bezweifeln lassen, als die bisher bekannt gewordenen.

Ein solches Vorkommen von gediegenem Eisen entdeckte ich im October des verflossenen Herbstes bei Untersuchung der Keuperformation und Lettenkohle in der Nähe von Mühlhausen in Thüringen. Die näheren Umstände des Fundes, sowohl in Bezug auf seine Lagerstätte, als auf seine besonderen Eigenschaften, lasse ich hier nachfolgen. Dieselben scheinen mir hinlänglich geeignet zu seyn, alle Einwände fern zu halten, die sonst gegen Vorkommnisse dieser Art erhoben zu werden pflegen.

Eine halbe Stunde westlich von Mühlhausen, am Wege nach Pfafferode, da wo derselbe das Johannisthal verläfst und den sanft ansteigenden Herbstberg hinaufführt, sind die untersten Glieder der Keuperformation sehr schön aufgeschlossen. Dieselben bestehen hier meist aus Thonquarzen und thonigen Sandsteinen mit Calamiten, darunter lagert der Kohlenletten mit seinen untergeordneten Schichten, der hier als Glied der unteren Keuperformation zu betrachten ist. Der schwarze Kohlenletten, der hier an einigen Stellen eine Mächtigkeit von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Fufs über-

steigt, enthält häufig Pflanzenreste mit noch erkennbarer Structur und zuweilen kleine Muschelabdrücke, die theils zu *Posidonia minuta* Goldfufs, theils zu den Myaciten Schlotheim's zu zählen sind. Zugleich mit dem Kohlenletten oder der Lettenkohle kommen schwache Schichten eines schwarzen Kohle-haltigen Kalksteins vor, der ebenfalls die genannten Versteinerungen bemerken läfst.

Diesen Punkt hatte ich schon in früheren Jahren häufig besucht, und immer wenigstens einige Ausbeute an Abdrücken und dergleichen erhalten. Als ich nun im verflossenen Herbst wieder einige Zeit in Mühlhausen zubrachte, unterliefs ich es um so weniger jene Stelle aufzusuchen, als ich wufste, dafs durch die Wolkenbrüche, die am 26. Mai desselben Jahres die ganze dortige Gegend auf eine furchtbare Weise betroffen hatten, auch die meisten geognostischen Aufschlüsse, Gräben, Wasserrisse, Hohlwege vergröfsert oder sehr verändert worden waren. An dem Pfafferoder Wege hatten die Aufschlüsse des Keupers und der Lettenkohle eine ganz andere Gestalt angenommen. Ein Graben, der an der einen Seite im Hohlwege herabführte, war an derjenigen Stelle, wo ich früher Sandsteine mit Calamiten gefunden hatte, gänzlich verschüttet und verschlämmt, dagegen eine Strecke weiter nach dem Thale zu tiefer ausgerissen, und hier fand ich bald der Reihe nach die Sandsteine und den Kohlenletten aufgeschlossen, welche früher an diesem Punkte ganz verborgen gelegen hatten.

An diesem augenscheinlich ganz frisch aufgeschlossenen Punkt begann ich den Kohlenletten zu untersuchen, und fand hierin die oben erwähnten schwarzen Kalksteinschichten wieder; eine derselben aber war hier ganz mit feinem Schwefelkies imprägnirt, und zeigte auf der Oberfläche kleine, aber sehr deutliche Exemplare von *Myacites musculoides* Schlotheim, die aus Schwefelkies bestanden; eine Erscheinung, die mir im Keuper etwas ganz Ungewöhnliches war. Zusammen mit dieser Schicht fanden sich im Kohlenletten mehrere Knollen, von denen die meisten beim Aufschlagen Schwefelkies, zum Theil in Pentagon-

dodekaëdern krystallisirt, zeigten, deren einer aber das interessante Stück ist, welches das gediegene Eisen enthält.

Der feinzertheilte Schwefelkies, welcher sich sowohl in der Schicht als in den Knollen neben den Krystallen befindet, liefert durch seine Anwesenheit den Beweis dafür, dafs diese Stelle des Kohlenlettens früherhin nicht offen gelegen hat, denn wäre diefs zu irgend einer Zeit der Fall gewesen, so hätte der Schwefelkies unbedingt verwittern und sich zersetzen müssen; und wäre es umgekehrt nicht eine feststehende Thatsache, dafs der Aufschlufs jenes Punktes erst seit sehr kurzer Zeit stattgefunden, so hätte man aus eben diesem Vorhandenseyn von feinzertheiltem Schwefelkies mit Sicherheit darauf schliefsen können. Hierdurch ist zugleich die Gewifsheit gegeben, dafs das metallische Eisen auf keine Weise in späterer Zeit an seinen Fundort hat gelangen können; doch braucht diese Sache nicht erst hierdurch erwiesen zu werden, da sie sich aus einer Betrachtung des fraglichen Stückes und seiner Begleiter schon von selbst ergiebt.

Der Knollen, welcher das gediegene Eisen enthält, ist von unregelmäfsiger etwas länglicher Gestalt [1]) mit mehreren hervorstehenden Ecken, und hatte zu Anfang ein Gewicht von beinah 40 Grammen. Er besteht aus verschiedenartigen Theilen, von denen das metallische Eisen den innersten Raum einnimmt. Dasselbe kam zuerst durch Abschlagen einer Ecke zum Vorschein; und um mehr davon zur Anschauung zu bringen, wurde diejenige Seite des Stückes, die sich am meisten, ihrer Form nach, einer Ebene näherte, angeschliffen. Es mufste hier erst eine 2 Lin. dicke Kruste durchschliffen werden, ehe das Metall zum Vorschein kam; dasselbe zeigte sich hier von sehr unregelmäfsiger zackiger Form, und enthält im Innern Räume,

1) Da sich eine unregelmäfsige Gestalt nicht gut beschreiben läfst, so ziehe ich es vor, eine bildliche Darstellung zu geben. Die Fig 19, Taf. II. zeigt die Gröfse und Gestalt des Stückes. Die einförmig grau schattirte Fläche ist die angeschliffene Fläche der Kruste, die weifs gelassenen Stellen innerhalb derselben entsprechen dem metallischen Eisen.

die theils hohl, theils von demselben Mineral erfüllt sind, welches die schwarze Kruste bildet. Das Eisen ist sehr weich und geschmeidig und von heller ins Silberweifse fallender Farbe, wie das Meteoreisen, mit dem es aber in anderer Hinsicht keine Gemeinschaft hat.

Die Kruste, die das Ganze umgiebt, ist von eisenschwarzer Farbe und braunschwarzem Strich. Die Härte ist ziemlich bedeutend, da das Mineral Glas ritzt, und mag ungefähr $= 6$ seyn. Die Kruste ist zum Theil sphärisch nach den Formen des Eisens abgesondert und wiederum durch Querabsonderungen in polyëdrische Stücke getheilt, die eine gewisse Regelmäfsigkeit wahrnehmen lassen. Sie ähnelt nach Farbe und Strich und anderen Eigenschaften manchen Magneteisensteinen. An einigen Stellen läfst sie, an den Absonderungsflächen Spuren von pfauenschweifigen Farben bemerken. Auf der Aufsenfläche der schwarzen Kruste befindet sich an einigen Stellen ein dünner Ueberzug von braunem Eisenoxyd und kohlensaurem Kalk.

Das specifische Gewicht des Ganzen ist 5,24. Die Mengen der einzelnen näheren Bestandtheile sind nicht bestimmbar, da die schwarze Kruste fein zertheiltes metallisches Eisen enthält, und in Folge dessen ein, dem Ganzen nahe gleiches, spec. Gew. besitzt. Die mit einigen Splittern der Kruste vorgenommene Bestimmung ergab nämlich das specifische Gewicht $= 5,16$.

Sowohl das Eisen als die schwarze Kruste werden stark vom Magnet gezogen; Polarität zeigt sich nur sehr schwach an einigen Stellen.

Die chemische Analyse, welche mein Freund L. Brückner, früher Assistent am akademischen Laboratorium zu Leipzig, auf meine Bitte mit einigen Proben des Eisens und der Kruste vornahm, ergab die folgenden Resultate.

Eine Hauptfrage war die: Ob das Eisen Nickel enthalte; weil ein Nickelgehalt immer als Kriterium für Meteoreisen gegolten hat. Einige Stückchen des gediegenen Eisens wurden in Salzsäure gelöst, das Eisen durch Ammoniak daraus gefällt und abfiltrirt und die farblose Flüs-

sigkeit mit Schwefelammonium versetzt. Es zeigte sich nicht die geringste Spur eines schwarzen Niederschlages; es ist also weder Nickel noch Kobalt vorhanden.

Die schwarze Kruste des Eisens wurde weiter untersucht. Die von derselben abgetrennten Stücke waren nicht homogen, sondern bestanden der Hauptsache nach aus schwarzem Oxydul-Oxyd, dem an der Aufsenfläche etwas gelbes Eisenoxydhydrat anhing, und das im Innern einzelne Metallflittern erkennen liefs, wenn man es im Achatmörser zerkleinerte.

Diese Stückchen wurden über Schwefelsäure getrocknet und dann in einem Glasröhrchen erhitzt, wobei neutrales *Wasser* ausgeschieden wurde.

Eine Probe vor dem Löthrohr mit Phosphorsalz behandelt, zeigte reine *Eisen*reaction.

Etwas von der gepulverten Substanz mit Salpetersäure gekocht und dann mit Bleisuperoxyd versetzt, verursachte eine rosenrothe Färbung, durch Spuren von *Mangan* bedingt. Dasselbe wurde durch Schmelzen mit Soda und Salpeter an einer äufserst geringen Färbung erkannt.

Die gepulverte Substanz mit Salzsäure behandelt, zur Trockne eingedampft und wieder mit Salzsäure gelöst, hinterliefs eine geringe Menge *Kieselerde*.

Die salzsaure Lösung gab mit Kaliumeisencyanid einen blauen Niederschlag, entsprechend dem *Eisenoxydul*, mit Schwefelcyankalium eine rothe Lösung, bewirkt durch das *Eisenoxyd*.

Chlorbarium erzeugte in der salzsauren Lösung keine Fällung, ebensowenig molybdänsaures Ammoniak; es war also weder Schwefelsäure noch Phosphorsäure vorhanden. Beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in die salzsaure Lösung entstand nur eine Fällung von Schwefel, dagegen beim Hinzufügen von Ammoniak und Schwefelammonium ein schwarzer Niederschlag, der sich leicht in Salzsäure löste.

Die salzsaure Lösung des Minerals, mit etwas Salpetersäure gekocht und mit Kali übersättigt, lieferte einen brau-

nen Niederschlag und ein alkalisches Filtrat, welches mit Chlorammonium versetzt, einen sehr geringen weifsen flockigen Niederschlag von *Thonerde* ergab. Der braune Niederschlag wurde zur nochmaligen Prüfung auf Nickel längere Zeit mit kohlensaurem Ammoniak digerirt und das Filtrat davon mit Schwefelammonium versetzt, ohne die geringste Spur eines Niederschlages zu erhalten.

Es wurden im Ganzen folgende Stoffe nachgewiesen: Eisen, Eisenoxydul, Eisenoxyd, Kieselerde, Spuren von Mangan, Thonerde, Talkerde und Wasser. Die gänzliche Abwesenheit von Schwefel wurde leicht durch die empfindliche Probe mit Silberblech dargethan.

Eine quantitative Analyse wurde wegen der ungleichen Zusammensetzung der einzelnen Theile des Stückes als eine unnöthige Arbeit betrachtet und auf Bestimmung der Kieselerde und des Eisengehaltes der Kruste beschränkt. Die Kieselerde bestimmte sich zu 3,75 Proc., die Menge des Eisenoxydes, dem metallischen Eisen, Eisenoxydul und Eisenoxyd zusammengenommen, entsprechend, zu 95,63 Proc.

Auf Kohlenstoff wurde keine weitere Untersuchung angestellt, da das beim Auflösen des Eisens in starken Säuren sich entwickelnde Wasserstoffgas ziemlich geruchlos war und bei der sparsam zu verwendenden Menge der Substanz eine scharfe Bestimmung eines kleinen Antheils von Kohlenstoff, wenn wirklich solcher vorhanden seyn sollte, nicht möglich gewesen wäre. Uebrigens wäre auch der Nachweis eines kleinen Gehaltes an Kohlenstoff ohne wesentliches Interesse, da ja eben das Eisen im stark kohlenhaltigen Kohlenletten aufgefunden wurde.

Dieses Stück gediegenen Eisens, welches wir so eben betrachtet haben, ist keineswegs das erste, welches die Keuperformation von Mühlhausen geliefert hat, denn schon vor mehreren Jahren fand Hr. Dr. N. Gräger zu Mühlhausen unter einer Anzahl Eisenoxydknollen, die er in der Nähe des Kahlen Kopfes (etwa eine Meile von dem Fundorte meines Stückes) gesammelt hatte, einen solchen Knollen, der beim Aufschlagen einen Eisenkern von Haselnufs-

gröfse zeigte. Leider ist das Stück, welches auch mehrere Andere seiner Zeit gesehen zu haben sich erinnerten, wie es scheint, verloren gegangen.

Die zahlreichen Eisenerzknollen, die durch die ganze Keuperformation der Umgegend von Mühlhausen zerstreut sind, stehen jedenfalls in wesentlichem Zusammenhange mit dem Vorkommen des gediegenen Eisens. An manchen Orten z. B. bei Körner, sind sie in solcher Menge vorhanden, dafs man sie gesammelt und nach den Harzer Eisenhütten verfahren hat. Die meisten dieser Knollen haben rundliche oder nierenförmige Gestalten von Erbsen- bis Faust-Gröfse, und bestehen aus dichtem Rotheisenstein, der zuweilen Spuren von concentrischer Structur zeigt. Der Bruch ist kleinmuschelig, die Härte meist =6 und darüber, das specifische Gewicht schwankt um 5. Farbe: eisenschwarz; an abgeriebenen Stellen ein starker Metallglanz. Strich meist bräunlich roth. An einzelnen Stellen sind die Knollen zuweilen schwach magnetisch. Am zahlreichsten finden sich dieselben in den bunten Thonen und Mergeln der Keuperformation, an deren Entblöfsungen, und in deren Nähe sie auf den Aeckern zahlreich umherliegen.

Dafs diese Eisenoxydknollen in genetischen Beziehungen zu den Knollen mit gediegenem Eisen stehen, folgt nicht allein aus der Uebereinstimmung vieler Eigenschaften, sondern auch aus der Art und Weise des Vorkommens. Beide gehören der Keuperformation an; nur bestehen die Knollen, die sich in den bunten Thonen und Mergeln befinden, meist ganz aus Eisenoxyd, während wir in den kohlehaltigen Schichten metallische Stücke und Schwefelkiese antreffen, die, wenn nicht durch den Einflufs der Kohle allein hervorgerufen, so doch gewifs durch denselben vor Oxydation bewahrt wurden. Auf welche Weise und in welchem Zustande die Eisenoxydmassen in die bunten Thone und Mergel gelangten, ist ebenso räthselhaft und schwer zu erklären, als das Vorkommen des gediegenen Eisens in der Lettenkohle; und der das Eisen begleitende Schwefelkies läfst uns ebenfalls bezüglich seiner Entstehung

noch ziemlich im Unklaren. Doch genug damit, dafs die Thatsachen festgestellt sind. Die Hypothesen zu ihrer Erklärung werden sich schon finden! —

Zum Schlufs dieser Betrachtung sey es mir erlaubt, die bisherigen Angaben über das Vorkommen von tellurisch gediegenem Eisen zu einer kurzen Uebersicht zusammen zu stellen. Gute Zusammenstellungen vieler Angaben finden sich in Hausmann's trefflichem Handbuch der Mineralogie (Theil 2, Band 1, 1847 S. 38) in Karsten's Handbuch der Eisenhüttenkunde (Bd. 2 S. 12) u. a. O.

1) Das am meisten beachtete Vorkommen ist das Eisen aus der Grube Eiserner Johannes zu Grofs-Kamsdorf [1]) in Thüringen, wovon sich die meisten Stücke in der Berliner öffentlichen Mineraliensammlung befinden, einzelne auch an anderen Orten, in Göttingen etc., aufbewahrt werden. Das gröfste Stück der Berliner Sammlung, welches Klaproth besafs und untersuchte, besteht in einer derben Eisenmasse mit ansitzendem bräunlich-schwarzen Eisenoxyd, an Gewicht 12 Unzen; auf frisch gemeifselten oder gefeilten Stellen hat es »die Farbe des Meteoreisens, fällt aber nicht wie dieses ins Silberweifse, sondern in Stahlgrau.« (Klaproth); »es ist nicht so leicht und weniger ductil als Meteoreisen zu seyn pflegt. Es hat ein blättriges Gefüge und ist krystallinisch abgesondert. Es ist mit einem dichten Magneteisenstein verwachsen, der grofse Aehnlichkeit mit dem kieseligen Magneteisenstein vom Spitzenberge am Harz hat« (Hausmann). Chemische Zusammensetzung nach Klaproth:

Eisen	92,5
Blei	6
Kupfer	1,5
	100.

Es mag wohl nicht Alles, was für Kamsdorfer Eisen aus-

1) v. Charpentier, mineral. Geographie v. Sachsen, S. 343. — v. Born Lithoph. 1, 123. — *Scopoli Princ. min.* 176. — Klaproth, Beitr. zur chemischen Kenntn. d. Mineralk. IV, 106. — Hausmann l. c. — Karsten l. c.

gegeben worden ist, echt seyn, sondern manches künstliche und Meteoreisen sich darunter befinden.

2) Ein zweites Vorkommen bietet der Platinsand und Goldsand dar, sowohl der von Südamerika [1]) (*Cordillere von Choco, Minas Geraes*) als der uralische und sibirische (*Petropawlowsk* [2]), *Nischne Tagilsk* [3]), *Goroblagodatsk* [4]), *Werchne Tagilsk*) [5]). Die Echtheit dieses Vorkommens wurde zwar mehrfach angegriffen [6]), doch läfst sich mit Sicherheit annehmen, dafs dieses Eisen ein natürliches Mineral ist. Dafür spricht entschieden die Verbindung mit Platin, mag sie nun eine chemische oder blofs mechanische seyn. Sowohl in Südamerika, als am Ural kommt das Eisen in unregelmäfsigen kleinen Platten und Täfelchen vor, welche eine stahlgraue Farbe besitzen, und meist mit Platin verbunden sind. Das von Osann analysirte bestand aus:

metallischem Eisen	86,33	Proc.
Platin	8,15	»
Kieselerde . . .	0,48	»
unlöslichem Rest	4,50	»
Verlust	0,54	»
	100,0.	

3) Bei Canaan in Connecticut ist gediegen Eisen gefunden worden [7]), welches gangartig im Glimmerschiefer auftritt, und einen Graphitgehalt hat. Zusammensetzung nach Shepard:

metallisches Eisen	91,8
Kohle	7

Hierher gehört wohl auch das Graphiteisen vom Scholeys-Gebirge in New-York, von dem Karsten l. c. spricht, wel-

1) Karsten l. c. 2. Bd. S. 12. Hausmann l. c.
2) Erman russ. Archiv I, 1841. S. 314.
3) Verhandl. mineral. Gesellsch. zu St. Petersburg 1842, S. 74 und 1844 S. 167.
4) Ibid. 1844, S. 167.
5) Erman l. c. V. 1847, S. 183.
6) G. Rose, Reise n. d. Ural Th. 1, S. 161 u. A.
7) Hausmann l. c. — Germar, Taschenb. f. Mineralogie XV, 932.

ches von Torrey, Siderographit genannt wurde, und aus 54,25 Eisen und 11,5 Graphit bestehen soll; ferner die Vorkommnisse zu Burlington in Otsego-County und bei Penn Yan in Yates-County [1]), wovon das letztere in Sandstein vorgekommen und kohlehaltig seyn soll.

4) Auf einem Gange bei Oulle unweit Allemont in Dauphiné kommt nach Schreibers Gediegen Eisen vor, dessen Echtheit nach Hausmann nicht zu bezweifeln ist [2]).

5) Ein Vorkommen von Gediegen Eisen, welches in kleinen Theilchen in Schwefelmetallen aus Amerika eingeschlossen seyn soll, wird von Proust angegeben [3]). — »Das Eisen ward durch den Magnet aus dem gepulverten Erz ausgezogen und löste sich in verdünnter Salzsäure unter Entwickelung von reinem Wasserstoffgas.«

6) Gediegen Eisen in dünnen Blättchen soll nach v. Eschwege in einem Eisensteinconglomerate in der Gegend von Itabira do Mallo Dentro in Brasilien vorkommen [4]).

7) »Das von Mossier am Gravenière in Auvergne zwischen Laven aufgefundene, vulkanisch gediegene Eisen [5]), welches nach Haüy theils stahlgrau und von hakigem Bruch, theils silberweifs und von blättrigem Gefüge ist, wird ohne Zweifel für ein Naturproduct zu halten seyn« (Hausmann l. c.).

8) Gediegen Eisen ist ferner als Erdbrand-Erzeugnifs im Steinkohlengebirge zu la Bouche im Allier Departement von Mossier gefunden [6]) und »pseudovulcanischer Stahl« genannt worden. Sein spec. Gew. ist nach Haüy = 7,45,

1) *Mineralogy of New-York by Lewis C. Beck, Albany* 1842, *p.* 383. — *Transact. of the geol. Society of Pennsylvania I*, 358. — Hausmann l. c.

2) *Journal de physique XLI*, 3. — Hausmann l. c.

3) *Journal de phys. LXI*, 272. — Karsten l. c. — Hausmann l. c.

4) *Pluto Brasil.* 583. — Hausmann l. c.

5) Lucas, *Tableau méthodique II*, 357.

6) *Journal de Phys. LX.* 340. — Gehlen, Journ. f. Chemie III, 402. — Mossier in Lucas, *Tableau methodique.* — *Journ. des mines XIX*, 430.

seine chemische Zusammensetzung nach Godon de St. Memin

Eisen	94,5
Kohlenstoff	4,3
Phosphor	1,2
	100.

Dieses Vorkommen ist deshalb um so interessanter, als sich ein natürlicher Entstehungsgrund mit Leichtigkeit nachweisen liefs; — aber aus demselben Grunde haben es die Feinde des gediegen Eisens nicht für vollgültig angesehen!!

9) In dem Cerit der Kastnäs-Grube giebt Demarcay an, Flittern von metallischem Eisen gefunden zu haben (Karsten l. c.). Andere Angaben, die sich auf entschieden unechte Vorkommnisse beziehen, und sich in mehreren Werken wiederfinden, übergehe ich gänzlich.

Manche andere Vorkommnisse von Gediegen-Eisen mögen aufgefunden, aber der allgemeinen Kenntnifs verloren gegangen seyn. — Die Zeit und genaue Untersuchungen werden lehren, dafs noch unter mannigfaltigen Umständen metallisches Eisen zu finden ist, wo man es bisher nicht vermuthete.

VIII. *Ueber die Zusammensetzung des Mosandrits; von N. J. Berlin.*

Die zu den Analysen verwandten Stücke dieses von A. Erdmann zuerst beschriebenen Minerals besafsen die von Demselben angegebenen Eigenschaften; nur möchte ich die Farbe des Minerals lieber grünlichbraun, als rothbraun nennen. Das spec. Gew. wurde in mehreren Versuchen = 3,02 bis 3,03 gefunden. Wegen des violetten Flufsspaths, womit das Mineral durchwachsen ist, konnte die für die Ana-

lysen nöthige Menge nur mit Schwierigkeit und nicht ohne grofsen Aufwand an Mineral ausgelesen werden.

Während ich mich bemühte, die beste Methode für die quantitative Trennung der Kieselsäure, der Titansäure und der Cermetalle aufzufinden, wurden mehrere analytische Bestimmungen der Bestandtheile gemacht, welche nebst der einzigen vollständigen Analyse hier mitgetheilt werden, weil die Resultate der letzteren sich dadurch bestätigt finden.

Die befolgte Methode war im Allgemeinen folgende. Das fein geriebene Mineral wurde durch Chlorwasserstoffsäure in sehr gelinder Wärme zersetzt und das Ganze bei einer +50° nicht übersteigenden Temperatur eingetrocknet. Die bei Zusatz von Wasser abgeschiedene Kieselsäure war vollkommen weifs, enthielt aber doch eine kleine Menge fremder Stoffe, welche durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron ausgezogen wurde. Die von der Kieselsäure zuerst abfiltrirte Flüssigkeit wurde unter gewöhnlicher Vorsicht durch Ammoniak niedergeschlagen, und Kalkerde, Talkerde und Alkalien in dem Filtrate wie gewöhnlich bestimmt. Der durch Ammoniak erzeugte Niederschlag, enthaltend Titansäure, die Oxyde der Cermetalle, Eisenoxyd und Manganoxyd, wurde nebst den Stoffen, welche aus der Kieselsäure im Schmelzen mit Soda ausgezogen worden, in gelinder Wärme getrocknet und in Säure gelöst, wobei eine kleine Menge Kieselsäure zurückblieb. Aus dieser Auflösung wurden die Oxyde der Cermetalle durch schwefelsaures Kali in Rinden niedergeschlagen, und die Menge dieser Oxyde in gewöhnlicher Weise bestimmt; doch konnte keine constante quantitative Scheidung des Ceroxyds von den Oxyden des Lanthans und Didyms durch verdünnte Salpetersäure bewirkt werden, obschon das Gemenge völlig frei von Schwefelsäure war. Die mit schwefelsaurem Kali gesättigte Flüssigkeit wurde mit Ammoniak versetzt, der gut ausgesüfste Niederschlag in Säure gelöst und, nach Zusatz von Weinsäure und Ammoniak, das Eisen und Mangan durch Schwe-

felammonium abgeschieden. Der Rückstand nach dem Verbrennen der Weinsäure wurde mit saurem schwefelsaurem Natron geschmolzen, die Masse in vielem Wasser aufgelöst und die Titansäure daraus durch anhaltendes Kochen unter Ersatz des verdunstenden Wassers gefällt. Nachdem die Titansäure dadurch völlig abgeschieden war, blieb noch ein durch Ammoniak fällbarer Stoff in der Auflösung zurück, welcher anfangs für Yttererde angesehen wurde. Bei näherer Untersuchung wurde indefs gefunden, dafs derselbe, obschon er im geglühten Zustande in verdünnter Salpetersäure löslich war, doch von einer heifs gesättigten Auflösung von schwefelsauren Kali vollkommen niedergeschlagen werden konnte; dieser Stoff wurde demnach als Lanthanoxyd angesehen, welches bei der vielleicht unvollständigen Sättigung der Flüssigkeit mit schwefelsaurem Kali in gewöhnlicher Temperatur nicht niedergeschlagen worden war.

In dem Versuche III wurde das zur Bestimmung des Wassergehaltes geglühte Mineral durch Schmelzen zuerst mit saurem schwefelsaurem Natron, dann mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen. Auf diese Weise wurden erhalten:

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	29,34	30,70	30,46	29,24
Kalkerde	19,08	19,08	19,06	
Oxyde von Cer, Lanthan u. Didym	26,10	25,45		
Titansäure	9,73	9,48	38,32	
Eisenoxyd (manganhaltig)	1,80	1,85		
Talkerde (manganhaltig)	0,98		0,51	
Kali	0,54	0,50		
Natron	2,87			
Wasser	8,64		9,16	
	99,08.			

Wenn man das arithmetische Mittel der Resultate der

Analysen berechnet und dabei die Menge der durch Ammoniak fällbaren Stoffe, deren Scheidung nicht ohne Verlust ausgeführt werden kann, nach dem Totalgehalte 38,32 (III) berichtigt, so ergiebt sich für den Mosandrit folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Kieselsäure	29,93	15,54
Titansäure	9,90	3,95
Oxyde des Cers, Lanthans und Didyms	26,56	
Eisenoxyd (manganhaltig)	1,83	
Talkerde (manganhaltig)	0,75	
Kalkerde	19,07	5,42
Kali	0,52	
Natron	2,87	
Wasser	8,90	7,91
	100,33.	

Die bei den Analysen verschiedener Exemplare des Minerals erhaltenen übereinstimmenden Resultate zeigen, dafs der Mosandrit ein Mineral von constanter Zusammensetzung ist. Es zeigt weiter die starke Chlorentwickelung bei Zersetzung des Minerals durch Chlorwasserstoffsäure, dafs das Cerium als Oxyd darin enthalten ist. Da die Oxyde des Ceriums, des Lanthans und des Didyms nicht von einander getrennt werden konnten, kann keine mineralogische Formel aufgestellt werden. Indessen verhalten sich die Sauerstoffmengen der Titansäure, der Kalkerde, des Wassers und der Kieselsäure ganz nahe wie 3 : 4 : 6 : 12.

IX. *Neue Mineralien aus Norwegen; von N. J. Berlin.*

(Zweiter Theil [1]).)

5. Tachyaphaltit.

Dieses Mineral wird von dem Entdecker, Hrn. Weibye in Krageröe, folgendermafsen beschrieben:

»Der Name ist aus ταχυς und αφαλτος entlehnt, weil das Mineral beim Zerschlagen des Muttergesteins so leicht herausspringt.

Krystallsystem tetragonal. In der Endigung ist das Quadratoctaëder *P* mit einem Endkantenwinkel von 110° vorherrschend, und es treten noch hierzu ein sehr spitzes Octaëder *r* mit dem Endkantenwinkel von etwa 50° und das erste und zweite quadratische Prisma *M* und *s*. Der Habitus der Krystalle ist kurz und dick prismatisch; sie erreichen sehr selten eine Länge von 3 Linien und haben viel Aehnlichkeit mit den Zirkon- und Oerstedit-Krystallen von Arendal.

Theilbarkeit nicht wahrnehmbar. Bruch vollkommen muschelig. Oberfläche der Krystalle glatt und eben, aber matt und häufig mit einem grauen Staube überzogen.

Auf den Bruchflächen metallischer Glasglanz. Farbe dunkel röthlichbraun. Strich isabellgelb. Undurchsichtig bis in dünnen Kanten durchscheinend.

Härte zwischen Feldspath und Apatit. Specifisches Gewicht = 3,6.

Der Tachyaphaltit kommt nur als ausgebildete Krystalle in granitischen Ausscheidungen im Gneifs bei Kragerõe einzeln eingewachsen und von braunem Titanit begleitet vor.«

Das für die chemische Untersuchung angewandte Mineral besafs die erwähnten Eigenschaften. Das spec. Gew. wurde

1) Siehe diese Annalen Bd. 79, S. 299.

wurde =3,6 Proc. gefunden. In der Spitze der Pincette in der Löthrohrflamme erhitzt, zeigt es sich unschmelzbar, wird aber schmutzig weifs. Im Kolben giebt es Wasser, welches einen schwachen Gehalt an Fluor zeigt. Von Borax wird es schwer aufgelöst, von Phosphorsalz unter Zurücklassung eines Kieselskelets und schwacher Eisenreaction. Mit Soda auf Platinblech giebt es eine schmutzig gelbgraue Schlacke.

Das fein gepulverte Mineral wird langsam und nur theilweise von Chlorwasserstoffsäure zersetzt; ebenso im Schmelzen mit kohlensaurem Natron. Von saurem schwefelsaurem Natron wird es im Schmelzen vollständig zersetzt.

Die Analyse ergab

Kieselsäure	34,58
Zirkonerde	38,96
Thorerde?	12,32
Eisenoxyd	3,72
Thonerde	1,85
Wasser	8,49
	99,92.

Die beiden Enden wurden anfangs nur für Zirkonerde gehalten. Bei näherer Prüfung ergab es sich indessen, dafs ein Theil derselben sich von der Zirkonerde dadurch unterschied, dafs er, von Oxalsäure niedergeschlagen, in einem Ueberschusse dieser Säure unlöslich war. Dieser Theil der Erden war nach dem Glühen in Säuren unlöslich; das Hydrat zog während des Auswaschens Kohlensäure an, von schwefelsaurem Kali wurde er vollständig niedergeschlagen, mit Chlorwasserstoffsäure gab er ein nicht krystallisirendes Salz; diese Eigenschaften gehören der Thorerde an. Indessen konnte das schwefelsaure Salz nicht ausgeschieden werden durch Kochen der Auflösung. Die kleine Menge liefs keine weitere Untersuchung zu. Vielleicht ist diese Erde mit einer von denen analog, deren Anwesenheit im Eudialyt von Svanberg angedeutet worden ist.

6. Erdmannit.

Der Fundort dieses Minerals soll die Insel Stoköen im Langofundsfiord in der Nähe von Brewig seyn. Das untersuchte Exemplar war von dem Probst Esmark als Erdmannit bezeichnet; es ist zu vermuthen, dafs Hr. Esmark den Namen gegeben habe.

Das Mineral ist dunkelbraun, glasglänzend, in dünnen Splittern durchscheinend, von 3,1 spec. Gew. Ohne alle Zeichen von Krystallisation findet es sich in dem Muttergesteine eingesprengt, theils als Körner, theils als Blättchen.

In einer wegen der geringen Menge (0,5 Grm.) an Material nur approximativen Analyse fand Hr. Blomstrand:

Kieselsäure	31,85
Kalkerde	6,46
Oxyde des Cers und Lanthans	34,89
Thonerde	11,71
Eisenoxydul	8,52
Manganoxydul	0,86
Yttererde	1,43
Wasser und Verlust	4,28
	100,00.

Diese Zusammensetzung, so wie auch die äufseren Eigenschaften, weisen auf die Verwandtschaft dieses Minerals mit den Orthiten hin.

Ein anderes Mineral aus der Nähe von Brewig, gleichfalls unter dem Namen Erdmannit aus Norwegen gesandt, wies sich als Zirkon aus. Es war leberbraun, zuweilen rothbraun, undurchsichtig, wenig glänzend, von 4,2 spec. Gew.; hie und da zeigten sich quadrat-octaëdrische Flächen. Die Analyse ergab

Kieselsäure	33,43
Zirkonerde, verunreinigt durch Eisen und Mangan	65,97
Glühverlust	0,70
	100,10.

X. *Ueber die Wärmeleitung der Metalle; von Hrn. H. J. Gouillaud.*

(*Compt. rend. T. XXXV. p.* 699.)

Bekanntlich hat die Analyse, gestützt auf die Hypothese von der Molecular-Strahlung, die Mathematiker dahin geführt, das Gesetz der stationären Temperaturen eines an einem Ende erhitzten Metallstabes durch die Formel $y = Ae^{ax} + Be^{-ax}$ auszudrücken.

Ich habe gesucht, die Genauigkeit dieses Ausdruckes experimentell zu prüfen und gefunden: 1) dafs, wenn alle übrigen Gröfsen dieselben bleiben, und man nur die Länge des Stabes ändert, der Werth von A sich ebenfalls ändert, nämlich abnimmt fast wie die Glieder einer geometrischen Progression, wenn die Länge in arithmetischer Progression wächst; 2) dafs, wenn man die Länge des Stabes constant und blofs die Temperatur der Wärme - Summe variiren läfst, A zu- oder abnimmt proportional dem Ueberschufs dieser letzten Gröfse über die umgebende Temperatur, so gut, dafs es durch einen Ausdruck von der Formel kTm^l dargestellt werden kann, worin T der Ueberschufs der Temperatur der Quelle über die Temperatur der Umgebung, l die Länge des Stabes und k und m zwei constante, blofs von der Natur und Dicke des Stabes abhängige Gröfsen bezeichnen.

Da überdiefs nothwendig $B = T - A$ so wird die obige Gleichung:

$$y = kTm^l e^{ax} + (T - kTm^l)e^{-ax}$$

oder vielmehr

$$y = kTm^l(e^{ax} - e^{-ax}) + Te^{-ax}.$$

Unter dieser neuen Form sieht man, wie die Länge des Stabes auf das Gesetz der stationären Temperaturen einwirkt, und weshalb die Gleichung sich auf $y = Te^{-ax}$ reducirt, wenn die Länge etwas grofs ist.

Ich setze einige der vielen, von mir gemachten Beobachtungen hierher, blofs um von der merkwürdigen Uebereinstimmung derselben mit der Formel eine Idee zu geben. Ich bediente mich eines quadratischen Eisenstabes von 43 Millimeter Dicke; die Thermometer standen 20 Centimeter aus einander. In diesem Falle hatte man

$$k=0{,}409,\ m=0{,}24,\ e^{a}=2{,}24,\ e^{-a}=0{,}45,$$

was die Formel giebt

$$y=0{,}409\ (0{,}24)^{l}\,T[(2{,}24)^{x}-(0{,}45)^{x}]+T(0{,}45)^{x}.$$

Als l, x, T zugleich verändert wurden, erhielt man die in folgender Tafel angegebenen Resultate; ϑ bezeichnet die Temperatur der Umgebung.

	No. der Thermometer.	Anzeige der Thermometer.	Ueberschufs		Ueberschufs der Rechnung.
			beobachtet.	berechnet.	
		$l=5$			
	1	76°,23	50°,36	50°,36	0°
	2	47 ,97	22 ,10	22 ,72	+0 ,62
$\vartheta=25°,87$	3	36 ,15	10 ,28	10 ,17	−0 ,11
$T=50,36$	4	30 ,78	4 ,91	4 ,73	−0 ,18
	5	28 ,45	2 ,58	2 ,45	−0 ,13
	6	27 ,65	1 ,78	1 ,89	+0 ,11
		$l=4$			
	1	73 ,70	49 ,45	49 ,45	0°
$\vartheta=24°,25$	2	46 ,48	22 ,23	22 ,36	+0 ,13
$T=49,45$	3	34 ,71	10 ,46	10 ,21	−0 ,25
	4	29 ,65	5 ,40	5 ,18	−0 ,22
	5	27 ,91	3 ,66	3 ,61	−0 ,05
	1	47 ,97	22 ,10	22 ,10	0°
$\vartheta=25°,87$	2	36 ,15	10 ,28	10 ,01	−0 ,27
$T=22,10$	3	30 ,78	4 ,91	4 ,57	−0 ,34
	4	28 ,45	2 ,58	2 ,33	−0 ,25
	5	27 ,65	1 ,78	1 ,63	−0 ,15
		$l=3$			
	1	72 ,61	48 ,76	48 ,76	0°
$\vartheta=23°,85$	2	46 ,07	22 ,22	22 ,43	+0 ,21
$T=48,76$	3	34 ,88	11 ,03	11 ,07	+0 ,04
	4	31 ,26	7 ,41	7 ,44	+0 ,03
	1	46 ,48	22 ,23	22 ,23	0°
$\vartheta=24°,25$	2	34 ,71	10 ,46	10 ,23	−0 ,23
$T=22,23$	3	29 ,65	5 ,40	5 ,18	−0 ,22
	4	27 ,91	3 ,66	3 ,41	−0 ,25

	No. der Thermometer.	Anzeige der Thermometer.	Ueberschufs beobachtet.	Ueberschufs berechnet.	Ueberschufs der Rechnung.
			$l = 3$		
$\vartheta = 25°,87$	1	36°,15	10°,28	10°,28	0°
$T = 10,28$	2	30,78	4,91	4,73	−0,18
	3	28,45	2,58	2,34	−0,24
	4	27,65	1,78	1,57	−0,21
			$l = 2$		
$\vartheta = 22°,81$	1	72,48	49,67	49,67	0°
$T = 49,67$	2	46,72	23,91	24,41	+0,50
	3	38,42	15,61	15,50	−0,10
$\vartheta = 23°,85$	1	46,07	22,22	22,22	0
$T = 22,22$	2	34,88	11,03	10,71	−0,32
	3	31,26	7,41	7,12	−0,29
$\vartheta = 23°,25$	1	34,71	10,46	10,46	0
$T = 10,46$	2	29,65	5,40	5,16	−0,24
	3	27,91	3,66	3,35	−0,31
$\vartheta = 25°,87$	1	30,78	4,91	4,91	0
$T = 4,91$	2	28,45	2,58	2,42	−0,16
	3	27,65	1,78	1,57	−0,21
			$l = 2$		
$\vartheta = 25°,02$	1	76,42	51,40	51,40	0
$T = 51,40$	2	57,20	32,18	31,70	−0,48
$\vartheta = 22,81$	1	46,72	23,91	23,90	0
$T = 23,91$	2	38,42	15,61	14,97	+0,64

XI. *Einige Beobachtungen in Betreff der Wärme und deren Theorie; von A. J. Ångström.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Förhandlingar vid de Skandinaviske Naturforskernes tredje möte; Stockholm* 1842[1]).

Zu den Theilen der Wärmetheorie, die noch nicht durch die Erfahrung bestätigt worden sind, gehören ohne Zweifel

1) Diese vor 10 Jahren geschriebene Notiz, die mir leider bisher unbekannt geblieben ist, dürfte auch jetzt noch von mehrfachem Interesse seyn, wenn gleich die Polarisation der Wärme bei schiefer Ausstrahlung seitdem auch von HH. de la Provostaye und Desains beobachtet worden ist. *P.*

die Gesetze des Uebergangs der Wärme aus einem Metall in ein anderes. Einige Versuche von Despretz zeigen, dafs bei diesem Uebergang ein Temperaturunterschied stattfindet, aber nicht, ob derselbe verschieden sey nach der Natur der Metalle. Um diefs zu ermitteln, nahm der Verf. drei Metallstäbe, von Kupfer, Blei und Zinn, jeden 30 Centimeter lang und 2,5 Quadratcentimeter im Querschnitt, und schraubte sie in einer gegen diesen Querschnitt winkelrechten Stellung gegen einander. In jede Stange wurden sechs Löcher gebohrt und diese mit Oel gefüllt; die Erhitzung geschah auf die Weise, dafs eine Kupferhülse an welcher ein Metallrohr spiralförmig festgelöthet war, über die Stäbe geschoben, und unter das untere Ende der Röhre eine Weingeistlampe gestellt wurde. Die beobachteten Temperaturen waren, nach Abzug der der Luft, folgende:

Aeufsere Temperatur.	Blei.	Kupfer.		Zinn.
+ 17°,8	41°,9	28°,0	13°,48	10°,82
+ 15 ,3	13 ,45	16 ,94	34 ,08	48 ,15
+ 17 ,75	38 ,88	49 ,65	49 ,31	39 ,58
Abstand:	$22^{mm},5$	+ $25^{mm},5$	$25^{mm},5$	+ $26^{mm},5$

Aeufsere Temperatur.	Blei.	Zinn.		Kupfer.
+ 20°,3	19°,7	12°,65		
+ 19 ,7			39°,27	50°,70
+ 22 ,0	29 ,0	39 ,70	33 ,40	24 ,80
Abstand:	$22^{mm},5$	+ $26^{mm},5$	$25^{mm},0$	+ $25^{mm},5$

Dividirt man die beobachteten Temperaturen durch einander, so erhält man, wenn sich die Wärme fortpflanzt:

aus Kupfer in Blei $\frac{16^\circ,94}{13^\circ,45} = 1,259$; $\frac{49^\circ,25}{38^\circ,88} = 1,260$;

» Blei » Kupfer $\frac{41^\circ,9}{28^\circ,0} = 1,493$;

» Kupfer » Zinn $\frac{13^\circ,48}{10^\circ,82} = 1,246$; $\frac{49^\circ,8}{39^\circ,58} = 1,258$;

$\frac{50^\circ,70}{39^\circ,27} = 1,291$;

aus Zinn in Kupfer $\frac{48°,15}{34°,08} = 1,413$; $\frac{33°,3}{24°,8} = 1,319$;

» Zinn » Blei $\frac{39°,07}{29°,0} = 1,369$;

» Blei » Zinn $\frac{19°,70}{12°,65} = 1,559$.

Der Versuch zeigt also, dafs immer ein *gröfserer Temperaturunterschied* eintritt, wenn die Wärme vom *schlechteren* zum *besseren* Leiter übergeht, als umgekehrt.

Der Verf. sucht nun die Nothwendigkeit der Annahme verschiedener Wärmearten auch für die thermometrische Wärme zu erweisen. Der Vorzug der Poisson'schen Theorie vor der Fourier'schen besteht hauptsächlich darin, dafs sie hat, was der letzteren (*förra*) fehlt, nämlich Einheit und Zusammenhang, dafs sie ausgeht von der Strahlung, als Grundlage der Erklärung aller Wärme-Erscheinungen. Da nun die neuesten Entdeckungen das Daseyn von Wärmefarben erweisen, und aus einem Körper keine andere Wärme ausstrahlen kann als solche, welche sich in demselben befindet, so scheint es vom theoretischen Standpunkte aus natürlich, mehre Arten thermometrischer Wärme anzunehmen. Inzwischen erkennt die Theorie solches nicht an. Zwar besteht der vollständige analytische Ausdruck von z. B. der dynamischen Ausbreitung der Wärme in einem Metallstabe, aus einer Reihe von Kreisfunctionen, multiplicirt eine jede mit einer Exponentialgröfse der Zeit $= Ve^{-rt}$, worin der Parameter r die Wurzeln einer von der Beschaffenheit, den Dimensionen u. s. w. des Stabes abhängigen transcendenten Gleichung bildet. Diese Wurzeln sind, wie Fourier durch geometrische Construction, und Poisson auf analytischem Wege bewiesen hat, reell, und ihre übrigen Eigenschaften sind von Sturm ermittelt, welcher z. B. gezeigt hat, dafs die n^{te} Wurzel ihr Zeichen $n-1$ Mal zwischen den beiden Enden des Stabes wechseln mufs, was aber nicht in einer Beziehung zu den verschiedenen Wärmearten steht. Alles scheint anzudeuten, dafs der erwähnte Ausdruck mehr als ein experimenteller Ausdruck für die

Wärmeverbreitung zu betrachten ist, denn als dafs seine einzelnen Glieder, — wie es mit den bei der Theorie der Wellenbewegung vorkommenden partiellen Integralen der Fall ist, — in Wirklichkeit eine specifische Bedeutung besitzen.

Eine andere Frage ist: wiefern die Erfahrung verschiedene Arten von thermometrischer Wärme andeute. Die gewöhnliche Annahme, dafs die Wärme in einem Metallstabe von hinreichender Länge in geometrischer Reihe abnehme, ist nur annähernd richtig, selbst bei den best leitenden Metallen. Die hervorstechenderen Ausnahmen, z. B. bei Blei, Marmor u. s. w., sucht man durch mangelndes Leitungsvermögen zu erklären; allein da das angeführte Gesetz sich beim Wasser und sogar beim Holz längs der Faser (nach Decandolle's Versuchen) bewährt, so verliert diese Erklärung ihre Bedeutung.

Alles erklärt sich aber leicht, wenn man *verschiedene Wärmearten* annimmt, *deren Intensität mit verschiedener Schnelligkeit abnehme*, was, wie man weifs, bei der strahlenden Wärme und partiell diathermanen Körpern der Fall ist. Wenn man z. B. bei Despretz's Versuch über die Fortpflanzung der Wärme im Marmor blofs zwei Wärmearten voraussetzt, welche beide nach einer geometrischen Reihe mit respective den Coëfficienten 14,785 und 1,140 abnehmen, so erhält man folgende Uebersicht:

Beobachtet.	Berechnet.	Unterschied.
63°,91	61°,747 + 2°,163	0°,000
6 ,08	4 ,177 + 1 ,903	0 ,000
1 ,95	0 ,285 + 1 ,664	— 0 ,001
1 ,47	0 ,019 + 1 ,460	+ 0 ,009

worin der gröfste Unterschied kleiner ist als 0°,01. Der Marmor ist also, wie die meisten Metalle, in Bezug auf die thermometrische Wärme, als ein farbiger Körper zu betrachten; dagegen Gold, Silber und Kupfer als farblose. Das Glühphänomen ist das, was beim Licht der thermischen Wärme entspricht, und in Wahrheit findet man auch, dafs

das Glühen in gröfserem Abstande für die eine Farbe aufhört, als für die andere, wenn man z. B. einen Eisenstab an einem seiner Enden weifsglühend erhält.

Noch mehr zeigt sich die Nothwendigkeit, verschiedene Wärmearten anzunehmen, bei den dynamischen Gesetzen für die Wärme. Schon Powell hat gezeigt, dafs wenn man die Geschwindigkeit der Abkühlung eines erhitzten Körpers bestimmt, dadurch, dafs man die von ihm zu einem in der Nähe befindlichen Thermometer gesandte Wärme beobachtet, diese Geschwindigkeit viel gröfser wird, wenn man zwischen den Körper und das Thermometer eine Glasscheibe eingeschaltet wird. Bei einem Versuche des Verf. mit einer erhitzten Eisenkugel betrug die Wärme, welche durch die Glasscheibe ging, 20, 17, 14, 10 und 0 Proc. von der gesammten. Die Melloni'schen Versuche zeigen auch, dafs die Wärme, welche bei 390° und bei 100° von Kupfer ausstrahlt, in ungleicher Menge von diathermanen Körpern absorbirt wird. Diese Erscheinungen lassen sich schwerlich erklären, ohne bei den erhitzten Körpern *verschiedene Wärmearten* anzunehmen, *welche bei der Abkühlung mit ungleicher Geschwindigkeit abnehmen.*

Um auszumitteln, ob ein vermindertes Strahlungsvermögen der Oberfläche ebenso wirke wie eine Temperaturveränderung bei demselben Körper, füllte der Verf. einen sogenannten Leslie'schen Würfel mit heifsem Wasser, und beobachtete die Intensität der Wärme, welche die geschwärzte Fläche auf einen Thermomultiplicator ausstrahlte, erst direct und dann durch ein Glimmerblatt. Darauf wendete er die metallische Oberfläche gegen den Thermomultiplicator und näherte denselben bis das Galvanometer dieselbe Ablenkung gab wie im ersten Fall; als er nun das Glimmerblatt vorschob, ging das Galvanometer nicht mehr zu den früheren Punkt. Da nun das Strahlungsvermögen der metallischen Oberfläche nur ungefähr 0,1 von dem der geschwärzten ist, so zeigt diefs, dafs *die Beschaffenheit der Wärme unabhängig ist von der Oberfläche des Körpers.*

Andererseits ist aus Melloni's Versuchen bekannt, dafs

die Diathermanität des Glimmers abnimmt, wenn die Temperatur des heifsen Wassers sinkt.

Der vollständige Ausdruck für die Erkaltung eines Metallstabes, welcher von einem seiner Enden aus bis zu einer constanten Temperatnr erhitzt worden, wäre also

$$\Sigma a e^{-Kx-St}$$

worin K und S die Extinctions-Coëfficienten, — um einen Ausdruck Cauchy's zu gebrauchen, — für Raum und Zeit, ungleich für die verschiedenen Wärmearten, aber zugleich unabhängig von der Beschaffenheit des Körpers seyn würden.

Endlich führt der Verf. einige Versuche an, welche er angestellt, um auszumitteln, ob die Wärme, welche in schiefer Richtung von einer Oberfläche ausgestrahlt wird, polarisirt sey. Ein Stück Messingblech wurde über der Weingeistlampe erhitzt, und zum Polarisationsapparat ein System von fünf Glimmerblättern gebracht,

	Hauptschnitt des Glimmers parallel zur Einfallsebene.	Hauptschnitt des Glimmers winkelrecht zur Einfallsebene.
Galvanometr. Ablenkung	13° $\frac{3}{4}$	11°
» »	15 $\frac{1}{2}$	16 $\frac{1}{2}$.

Der Winkel, unter welchem die Wärme von der Oberfläche ausstrahlte, war beim ersten Versuch 35° beim letzten 25°.

Bei einem Versuch mit Quecksilber betrugen die Ablenkungen respective

54°,5 49°,2.

Einige später mit den von Hrn. Prof. Svanberg construirten Thermomultiplicator angestellte Versuche, bei denen ein geglühtes Glimmerblatt als Polarisationsapparat angewandt wurde, gaben dasselbe Resultat, nämlich

	Hauptschnitt des Glimmers parallel zur Einfallsebene.	Hauptschnitt des Glimmers winkelrecht zur Einfallsebene.
Galvanometr. Ablenkung	76°	72°
» »	64 $\frac{1}{4}$	59
» »	55	49.

für verschiedene Abstände des Thermomultiplicators von dem erhitzten Messingblech. Es ist hierbei zu bemerken, dafs das Galvanometer zu Anfange des Versuchs zwar nicht auf 0° stand, allein diefs konnte nur einen Einflufs auf die Gröfse der beobachteten Unterschiede haben. Der Verf. glaubt daher mit Recht schliefsen zu dürfen, dafs *die Wärme, welche in schiefer Richtung von einer Fläche ausstrahlt, durch Brechung polarisirt ist.* Als nothwendige Folge dieser beobachteten Erscheinung, betrachtet der Verf. eine Modification der von Fourier gegebenen Erklärung über das Sinusgesetz der Strahlung. Eine numerische Bestimmung des Polarisations-Maximums in dem besagten Falle dürfte auch zu einer Bestimmung des Wärme-Brechungsvermögens athermaner Körper führen.

XII. *Entdeckung kleiner Mengen von Natron durch Wirkung des polarisirten Lichts; von Dr. Andrews.*

(Gelesen in der Versammlung britischer Naturforscher zu Belfast 1852, und mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Das Doppelchlorid von Kalium und Platin krystallisirt in regelmäfsigen Octaëdern und übt daher, in das dunkle Feld des Polariskops gebracht, keine depolarisirende Wirkung aus; dasselbe gilt vom Platinchlorid, vermuthlich wegen seiner unvollkommenen Krystallisation. Andererseits besitzt das Natrium-Platinchlorid in krystallinischen Plättchen ein merkwürdiges Depolarisationsvermögen, und eine dem blofsen Auge unsichtbare Spur dieses Salzes kann sogleich entdeckt werden durch die glänzenden prismatischen Farben, welche es unter der Wirkung des polarisirten Lichtes zeigt.

Der Verf. wendet diese Eigenschaft in folgender Weise auf die Entdeckung von Natron an. Nachdem die übrigen

Basen nach den gewöhnlichen Methoden entfernt und die Alkalien in Chloride verwandelt worden sind, bringt er einen Tropfen der Lösung auf einen Glasstreif und setzt eine geringe Menge einer verdünnten Lösung von Platinchlorid hinzu, dabei jeden Ueberschuſs dieses Reagenzes möglichst vermeidend. Der Tropfen wird nun bei mäſsiger Wärme so weit eingedampft, daſs er zu krystallisiren beginnt, und darauf unter ein mit einem guten Polarisations-Apparat versehenes Mikroskop gebracht. Dreht man nun den Zerleger bis, bei sorgfältiger Ausschlieſsung von allem Seitenlicht, das Feld vollkommen dunkel wird, so bleiben die Krystalle unsichtbar, wenn entweder Kali oder gar kein Alkali vorhanden ist, während die Gegenwart der geringsten Spur von Natron sogleich durch die depolarisirende Wirkung der Platinverbindung desselben angezeigt wird. Mit einem Tropfen Chlornatrium-Lösung, der 0,0015 Grm. wog und 0,0001 seines Gewichtes an Chlornatrium enthielt, wurde eine sehr deutliche Wirkung erhalten. Die so entdeckte Menge des Natrons betrug nur $\frac{1}{13000000}$ Grm. oder etwa ein Milliontel eines engl. Grans.

XIII. *Reclamation wegen einer Stelle im Aufsatz des Hrn. Helmholtz über die Theorie zusammengesetzter Farben* [1]*, und Berichtigung einer Stelle im Aufsatz des Hrn. Unger über die Theorie der Farbenharmonie* [2]*; von J. Plateau.*

I. Bei Gelegenheit, wo Hr. Helmholtz von der Combination der Farben mittelst des Farbenkreisels spricht, drückt derselbe sich folgendermaſsen aus:

»Man hat längst bemerkt, daſs sie andere Resultate

1) Ann. Bd. 87, S. 61.
2) Ebendaselbst S. 128.

giebt, als die Mischung der Pigmente. Ich wiederholte die Versuche mit Gelb und Blau. Für ersteres wendete ich entweder Gummi-Gutti oder Chromgelb an, für letzteres Bergblau oder Ultramarin. Bei schneller Umdrehung erhält man ein reines Grau. Sehr frappant stellt sich der Unterschied beider Methoden heraus, wenn man die Mitte der Scheibe mit der Mischung beider Pigmente anstreicht, am Rande dagegen Sectoren mit den reinen Pigmenten. Dann sieht man beim schnellen Umdrehen der Scheiben in der Mitte Grün, am Rande Grau.«

Dieser Versuch ist identisch mit einem derjenigen, die ich in einer 1829 zu Lüttich unter dem Titel: *Dissertation sur quelques propriétés des impressions produites par la lumière sur l'organ de la vue* veröffentlichten Abhandlung beschrieben habe [1]). Es sey mir erlaubt, hier die betreffende Stelle, welche sich auf p. 27 jener Abhandlung befindet, zu wiederholen.

»... *La combinaison des impressions de deux couleurs différentes operée par ce moyen, est loin de produire toujours la même teinte que le mélange matériel des deux couleurs employées. Faites un mélange en proportion convenable de gomme-gutte et de bleu de Prusse, et peignez en un papier blanc, vous aurez un beau vert; mais partagez un cercle en secteurs dont les uns soient peints de cette même gomme-gutte et les autres de ce même bleu de Prusse, en ayant soin de donner beaucoup d'intensité aux deux couleurs et de faire en sorte que les secteurs aient un rapport de largeur tel que ni le jaune ni le bleu ne domine dans la teinte résultante; lorsque ce cercle tournera avec rapidité la teinte uniforme produite sera parfaitement grise, sans la moindre apparence verdâtre. Ce n'est qu'en employant un bleu pâle, qu'on parvient à donner à ce gris une légère nuance de vert.*«

II. Hr. Unger schliefst seine Abhandlung folgendermafsen:

1) Man sehe auch: *Correspondance math. et phys. de Mr. Quetelet Vol. V. p.* 221.

»Mein Freund, Prof. Ruete, hat eine schöne Anwendung meiner Theorie der Farbenharmonie gemacht, durch welche er eine Reihe von Accorden nach einander dem Auge vorführt. Er benutzt hierzu eine von Plateau angegebene Vorrichtung. Dieselbe besteht aus zwei Scheiben, welche sich auf derselben Axe mit nicht völlig gleicher Geschwindigkeit drehen. Plateau theilte diese Scheiben in eine Anzahl gleich grofser Felder, die er auf der hinteren Scheibe abwechselnd schwarz und weifs färbte. Den schwarzen Feldern entsprachen auf der vorderen Scheibe gleich grofse Ausschnitte. Bei der raschen Umdrehung veränderte sich dann die scheinbare Helligkeit der Scheibe, je nachdem mehr schwarz oder mehr weifs in die Ausschnitte trat. Ruete gab nun der vordern Scheibe nur einen oder zwei einander gegenüberstehende Ausschnitte und liefs auf der hintern Scheibe ganze Farbenaccorde mit weifsen und schwarzen Feldern wechseln. Indem nun bei der Umdrehung immer ein anderer Theil der hintern Scheibe in das ausgeschnittene Feld der vordern einrückt, sieht man einen Accord nach dem andern bald aus Licht, bald aus Schatten auftauchen und wieder verschwinden, und so entsteht ein Farbenspiel, welches mehr als irgend etwas anderes verdient eine Farbenmusik genannt zu werden.«

Wenn der Leser diese Stelle vergleichen will mit der Beschreibung, die ich von meinem Apparat und seinen Wirkungen gegeben habe [1]), so wird er finden, dafs die des Hrn. Unger sehr ungenau ist. Er wird sehen, dafs bei meinem Instrument die hintere Scheibe nicht in abwechselnd schwarze und weifse Sectoren getheilt ist, sondern in abwechselnd schwarze, rothe, weifse und blaue, dafs die vordere Scheibe nur zwei einander gegenüberstehende Oeffnungen hat; und dafs somit diefs Instrument wie das des Hrn. Ruete eine graduelle Aufeinanderfolge der Farben hervorbringt; dafs ich endlich dasselbe als eine Art Verwirklichung des Ocular-Claviers dargestellt habe. Hr. Ruete hat also mit meinem Instrumente durchaus keine

1) Diese Ann. Bd. 78, S. 563.

andere Aenderung vorgenommen, als daſs er, statt einer Reihe, mehre Reihen verschiedener Farben angebracht und nach der Theorie des Hrn. Unger geordnet hat.

XIV. *Einige Bemerkungen über epipolisirtes Licht.*

(Aus einem Schreiben Sr. Durchlaucht des Fürsten von Salm an den Herausgeber.)

— Als ich, durch den Aufsatz von Stokes veranlaſst, Versuche mit mehreren empfindlichen Flüssigkeiten anstellte, fand ich es auch vollkommen richtig, daſs der Theil des Lichtes, der durch saures schwefelsaures Chinin einmal gegangen ist, die Fähigkeit verloren hat, in einem zweiten Gefäſs mit schwefelsaurem Chinin jene blaue Farbe zu erzeugen. — Ich stellte mir aber nun die Frage: »Ist dieses auch bei anderen empfindlichen Flüssigkeiten der Fall?« — Hier fand ich, daſs wenn ich Lösungen von

1) Chlorophyll
2) Curcumä-Tinctur
3) Roſs-Kastanien-Rinde-Absud

an die Stelle des zweiten Gefäſses mit schwefelsaurem Chinin stellte, diese drei Lösungen *keineswegs* die Eigenschaft verloren hatten, ihre eigenthümlichen Farbenerscheinungen zu zeigen *in dem Licht*, was schon durch das schwefelsaure Chinin gegangen war. Es scheint hieraus zu folgen, daſs es noch *mehrere Arten* heterogenes Licht giebt, ganz analog den von Melloni entdeckten verschiedenen Wärmearten.

Auch mit Lampenlicht erhielt ich die epipolischen Farbenerscheinungen, wenn ich es mit einer Linse concentrirte, sowohl in der Curcumä-Tinctur als auch in dem Kastanien-Rinde-Absud; in der sauren schwefelsauren Chinin-Lösung und in Blattgrün-Tinctur so stark, daſs es gar keiner Concentration durch die Linse bedurfte.

Coesfeld, den 22. December 1852.

XV. *Notizen.*

1. *Großer Goldklumpen.* — In den Goldwäschen von Forrest Creek, Mount Alexander, Colonie Victoria, Australien, ist kürzlich ein Goldklumpen gefunden, der wohl der gröfste seyn möchte, der bisher dort angetroffen worden. Er ist von unregelmäfsig nierenförmiger Gestalt, mifst 12 engl. Zoll in Länge und etwas über 5 engl. Zoll in gröfstem Querdurchmesser, wiegt 27 Pfd. 6 Unz. 15 Drachm. engl. Gew. und hat einen Werth von 5500 Dollars. (Silliman Journ. N. S. Vol. XIV, p. 440.)

2. *Meteoreisen.* — An den Ufern des Seneca-River im Staat New-York, nur einige engl. Meilen von Waterloo, in Seneca-County, wo nach Prof. Shepard's Angabe im J. 1827 ein Meteorit niederfiel, ist neulich bei Anlegung eines Graben eine Eisenmasse gefunden, welche sich durch die Figuren, die sie auf einem abgesägten Stück beim Aetzen mit Salpetersäure gab, unzweifelhaft als meteorisch erwies. Sie ähnelt der Masse von Texas, wog 9 Pfund, war 7 Zoll lang und 4 Zoll dick. (Ib. p. 439.)

3. *Hartes Silber.* — Beim Probiren eines Silbererzes aus Südamerika hat Hr. G. Barruel die interessante Beobachtung gemacht, dafs Silber, welches nur sechs Tausendstel fremde Substanzen beigemengt enthält, nämlich 0,0035 Eisen, 0,002 Kobalt und 0,0005 Nickel, dadurch eine solche Härte bekommt, dafs es zur Anfertigung von Messerklingen und Feilen benutzt werden kann. (*Compt. rend. XXXV.* 759.)



Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1853. ANNALEN *№*. 2.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXVIII.

I. *Ueber die Aufnahme der unorganischen Salze durch die Pflanzen; von Dr. C. Schulz-Fleeth.*

Es ist eine durch vielfache Untersuchungen erwiesene Thatsache, dafs verschiedene Pflanzen, auf ein und demselben Boden wachsend, die unorganischen Stoffe aus demselben in sehr verschiedenen Quantitäten aufnehmen; dafs andererseits dieselben Pflanzen, wenngleich dem verschiedenartigsten Boden entnommen, dennoch in der Zusammensetzung ihrer Aschen keine wesentlichen Verschiedenheiten darbieten. Man hat dieses scheinbare Wahlvermögen der Pflanzen auf verschiedene Weise zu erklären versucht. Nachdem genaue mikroskopische Beobachtungen gezeigt, dafs die die Pflanzenzellen bildenden Membranen, und besonders auch diejenigen der Wurzeln, nirgend durchlöchert sind, wurde die Annahme, dafs die Pflanzen ihre Nahrung nur auf endosmotische Weise aufnehmen könnten, bald allgemein. Zumeist mit thierischen Membranen angestellte endosmotische Versuche hatten erwiesen, dafs der endosmotische Procefs ein und derselben Membran sich je nach der Natur der durch dieselbe getrennten Flüssigkeiten sehr verschieden gestaltet, dafs verschiedene Substanzen nicht gleich schnell durch dieselbe hindurchgelassen werden; dafs ferner dieser Procefs abhängig ist von der Beschaffenheit der Membranen. Diese Thatsache benutzend, erklärte man die verschiedenartige Aufnahme der unorganischen Salze durch die Pflanzen dadurch, dafs die Membranen der Wurzelhaare der verschiedenen Pflanzen in chemischer und physikalischer Hinsicht verschieden seyen, und daher die einen diese, die anderen jene Stoffe in gröfserer Menge, oder was dasselbe ist, in concentrirterer Lösung hindurchliefsen.

Und da Saussure durch Versuche mit lebenden Pflanzen gezeigt, dafs dieselben Lösungen, in denen sie vegetirten, immer mehr concentrirten, suchte man sich diesen Vorgang dadurch zu veranschaulichen, dafs man die Membranen der Wurzelhaare mit sehr feinem Filtris verglich, welche selbst gelöste Stoffe zurückzuhalten im Stande wären, wie Papierfiltra die suspendirten.

Eine Pflanze enthält nach dieser Ansicht deshalb mehr Kali als Natron, weil eben die Membran dieser Pflanze die Kalisalze in gröfserer Menge, d. h. in concentrirterer Lösung, durchlassen könne, als die Natronsalze. Die Pflanzen nehmen so fortwährend das Wasser mit so viel der verschiedenen Salze in Lösung auf, als die Wurzelhaare durchzulassen im Stande sind, dunsten das Wasser ab, und lassen dadurch die Salze zurück, welche sich dann nach der Verbrennung der Pflanzen in demselben Verhältnisse in der Asche finden müssen, in welchem sie durch die Membranen eindringen konnten. Finde ich also z. B. 10 mal mehr Kali, als Natron in einer Pflanze, so konnte deren Membran das Kali in einer 10 mal concentrirteren Lösung durchlassen, als das Natron. Aehnlich wird der verschiedene Aschengehalt der verschiedenen Theile einer und derselben Pflanze erklärt.

Es ist gewifs ebenso schwierig durch Versuche mit lebenden Pflanzen diese Theorie zu beweisen, als sie zu widerlegen. Jedoch auch abgesehen von der fraglichen Existenz einer unzähligen Menge chemisch und physikalisch verschiedener Pflanzenmembranen, welche obige Theorie voraussetzt, lassen sich dennoch manche andere Bedenken gegen dieselbe erheben. So ist es erstlich noch keineswegs durch Versuche nachgewiesen, dafs verschiedene Pflanzenmembranen die Lösungen verschiedener Salze in so auffallend verschiedener Weise durchblassen, dafs während die eine z. B. die Kalisalze in grofser Menge, die Natronsalze aber fast gar nicht, die andere umgekehrt fast nur Natron und kein Kali durchzulassen vermöchte. Saussure's Versuche mit lebenden Pflanzen, die, wenn sie auch direct für die Er-

nährung derselben nichts beweisen können, doch wenigstens als endosmotische, mit verschiedenen Pflanzenmembranen angestellte, Versuche betrachtet werden können, zeigen im Gegentheile, »dafs wenn auch in dem absoluten Gewichte der durch verschiedene Pflanzen absorbirten Salze einige Unterschiede sich fanden, doch die allgemeinen Resultate die nämlichen waren, so dafs die Salze von Polygonum am meisten eingesaugt worden waren, ebenso von Bidens, von der Pfeffermünze, der Fichte und dem Wachholder am meisten aufgenommen wurden.« Saussure sah sich dadurch veranlafst, eine verschiedene »Klebrigkeit« der verschiedenen Lösungen anzunehmen, welche die Filtration der einen leichter von Statten gehen lasse, als die der anderen.

Versuche, welche zeigen, dafs das Wasser durch die thierische Membran zum Alkohol übergehe, während durch eine dünne Kautschuklamelle umgekehrt der Alkohol zum Wasser übergehe, beweisen wenig oder gar nichts für die Aufsaugung der verschiedenen in Wasser gelösten *unorganischen* Salze durch die Pflanzen; da einmal die Pflanzenmembranen in chemischer und physikalischer Hinsicht nicht so unterschieden seyn können, wie Kautschuk und thierische Harnblase, anderentheils aber auch die wässerigen Lösungen verschiedener Salze in endosmotischer Hinsicht nicht so verschieden sind, wie Wasser und Alkohol. Ein endosmotischer Procefs kann überhaupt nur dann stattfinden, wenn erstens wenigstens eine der durch die Membran getrennten Flüssigkeiten eine gewisse Verwandtschaft zum Membran hat, und zweitens die beiden Flüssigkeiten sich mit einander mischen können. Kautschuk wird von Wasser nur sehr wenig benetzt, es kann deshalb zwischen wässerigen Lösungen, die durch dasselbe getrennt sind, kein endosmotischer Procefs stattfinden. Für Alkohol besitzt das Kautschuk eine gröfsere Anziehungskraft, es mufs deshalb der Alkohol durch dasselbe hindurch zum Wasser übertreten. Benetzen beide getrennten Flüssigkeiten die trennende Membran, so werden sie beide

durch dieselbe hindurch zu einander übergehen, wenn auch verschieden rasch — je nach ihrer gröfseren Verwandtschaft zur Membran, und ihrer Leichtflüssigkeit? — So mochte ein Caulerpa-Blättchen den Alkohol leichter hindurchlassen, als das Wasser; zwischen wässerigen Lösungen verhielt sich dasselbe ziemlich ähnlich den thierischen Membranen. Die Pflanzenmembranen nun, welche die unorganischen Salze aufnehmen, müssen nothwendig für wässerige Lösungen durchdringbar seyn, und werden sich daher, wenn wir nach den wenigen Versuchen, die wir besitzen, schliefsen dürfen, einander ziemlich ähnlich in der Aufnahme derselben verhalten; so zwar, dafs das relative Gewicht zwischen den Salzen, wie sie dieselben durchlassen *können*, ziemlich dasselbe seyn mufs.

Doch angenommen, eine bestimmte Pflanze *könne* die Salze nur in solchen Verhältnissen durch ihre Wurzelmembran hindurchlassen, wie sie sich in der Asche derselben finden, sie könne z. B. das Kalisalz nur in einer Lösung, welche auf 10 Th. Wasser 0,01 Kalilösung enthält, durchlassen, und vom Natronsalz nur 0,001 auf 10 Th. Wasser. Was wird aus dieser Pflanze, wenn sie in einem Boden wachsen soll, dessen Feuchtigkeit auf 10 Th. Wasser 0,001 Natronsalz und ebenfalls 0,001 Kalisalz, oder von letzterem gar nur 0,0005 enthält? Will man die obige Theorie aufrecht erhalten, so glaube ich, bleibt nichts weiter übrig, als zu sagen, dafs in einem solchen Boden die Pflanze nicht mehr wachsen kann.

Nach jener Theorie müfsten auch die Pflanzen in einem heifsen Sommer, wenn sie mehr Wasser abdunsten, als gewöhnlich, gröfsere Aschenprocente enthalten, wenn man nicht annehmen will, dafs sich alsdann die organische Substanz in demselben Verhältnisse mit dem abgedunsteten Wasser vermehre.

Die unorganischen Salze sind zum Wachsthum der Pflanzen, theilweise wenigstens, nothwendig; man darf z. B. den phosphorsauren Kalk gewissen Pflanzen in nicht viel geringerer Menge darbieten, als sie denselben, falls ihnen

genug davon geboten wird, aufnehmen, ohne der Entwickelung derselben zu schaden. Soll man nun annehmen, dafs die Membranen der Wurzelhaare verschiedener Pflanzen gerade so construirt sind, dafs sie die Salze nur in solchen Verhältnissen durchzulassen im Stande sind, als sie in den Pflanzen verbraucht werden?

Einen directen Beweis dafür, dafs die Verschiedenheit in der Aufnahme der Salze durch die Pflanzen, nicht allein durch die Wurzelmembranen bedingt wird, möchten vielleicht ächt gemachte (gepfropfte) Bäume liefern, wenn der Wildling und der ächte Baum, jeder für sich wachsend, zimlich bedeutend verschieden zusammengesetzte Aschen geben; und dann nach dem Pfropfen dieselbe Verschiedenheit bewahren.

Aber nicht allein von der Beschaffenheit der Zellenmembran, auch von dem Zelleninhalt und der physiologischen Thätigkeit in der Zelle soll die verschiedene Aufnahme der Salze bedingt werden. Denn eine mit Caulerpa-Blättchen verschlossene Röhre läfst z. B., wenn sie eine wässerige Zuckerlösung enthält, Wasser eindringen, wenn sie Alkohol enthält, denselben hinausgehen zum Wasser. Bei so heterogenen Flüssigkeiten, wie Alkohol und Wasser, kann der endosmotische Procefs, wie schon gezeigt, ein ganz anderer seyn, als zwischen den in Wasser gelösten unorganischen Salzen des Bodens und des Zelleninhaltes. Von den organischen Substanzen ist hier aber überhaupt nicht die Rede; zur Erklärung der verschiedenen Verbreitung dieser in den Pflanzen mag man allerdings wohl jene endosmotischen Versuche zwischen Alkohol und Wasser etc. mit Vortheil benutzen.

Andere Autoren haben dann die verschiedene Durchdringbarkeit der Zellenmembranen mehr vernachlässigt, und die Aufnahme der verschiedenen Stoffe fast allein der auf verschiedene Stoffe gerichteten Anziehungskraft des Zelleninhalts zugeschrieben. Die phosphorsauren Salze sollen sich z. B. deshalb in gröfserer Menge in einzelnen Pflanzen, und hier wiederum in bestimmten Theilen aufgehäuft

finden, weil der Inhalt jener Zellen durch ihre Membran hindurch vorzugsweise anziehend auf die phosphorsauren Salze wirke. Das ist eine durch keine thatsächlichen Beweise unterstützte Speculation.

Ebenso wenig im Einklange mit den bekannten Gesetzen der Endosmose steht jene Theorie, welche die unorganichen Salze in demselben Verhältnisse, in welchem sie in dem Wasser des Bodens gelöst sind, in stetem Strome mit diesem in die Pflanzen eindringen, und die nicht aufgenommenen hernach wieder rückwärts austreten läfst.

Ich will jetzt versuchen das scheinbare Wahlvermögen der Pflanzen bei Aufnahme der unorganischen Salze, unabhängig von der Annahme eines, durch die chemische und physikalische Verschiedenheit der Zellenmembranen begründeten verschiedenen endosmotischen Verhaltens derselben — mag ein solches in der Wirklichkeit existiren oder nicht — zu erklären.

Denken wir uns zunächst eine einzelne Pflanzenzelle der Einfachheit halber nur mit reinem Wasser gefüllt. Bringen wir dieselbe in gewöhnliches Flufs- oder Brunnenwasser, welches bekanntlich nicht unbedeutende Quantitäten von Salzen enthält, so wird ein endosmotischer Procefs eingeleitet, durch den sich die Flüssigkeit in der Zelle mit der sie umgebenden ins Gleichgewicht zu setzen strebt, welches nach längerer oder kürzerer Zeit wirklich hergestellt wird. Wird nun in der Zelle durch irgend einen Procefs ein Salz, z. B. kohlensaurer Kalk, aus der Lösung ausgeschieden, so ist das Gleichgewicht zwischen dem Zelleninhalt und der äufseren Flüssigkeit gestört; es kann nur wieder hergestellt werden dadurch, dafs ebenso viel kohlensaurer Kalk, als abgesetzt wurde, in die Zelle eintritt (wenn das Volumen der äufseren Flüssigkeit so grofs ist, dafs es durch die geringe Ausscheidung des Kalkes in seiner Zusammensetzung als nicht verändert betrachtet werden kann; im Gegentheile tritt nur so lange Kalk ein, bis die beiden Flüssigkeiten gleichviel davon enthalten). Mag nun die Membran der Zelle das kohlensaure Kali oder

Chlornatrium niemals leichter hindurchlassen als den kohlensauren Kalk: es kann in dem eben gesetzten Falle doch nur das Kalksalz von der Zelle aufgenommen werden. Wäre kohlensaures Kali aus der Zellenflüssigkeit ausgeschieden, so müfste wieder nur kohlensaures Kali, wäre Chlornatrium ausgeschieden, nur dieses Salz eintreten. Die Zelle nimmt daher diejenigen Salze in gröfserer Menge auf, welche in gröfserer Menge in derselben ausgeschieden, ververbraucht? werden. Wäre in der Zelle Wasser assimilirt, oder irgend wie aus derselben ausgeschieden worden, so kann nur wieder eben so viel reines Wasser (ohne Salze) von aufsen eintreten und weiter nichts, wenn das Gleichgewicht der Lösungen in- und aufserhalb der Zelle nicht gestört bleiben darf.

Enthält die Zelle nun, wie stets in der Natur, organische Substanzen, welche auf die äufsere Flüssigkeit endosmotisch wirken können, z. B. Zucker oder Eiweifs, so stören diese das Gleichgewicht des Zelleninhalts und der äufseren Flüssigkeit, wenn dasselbe auch in Bezug auf die unorganischen Salze hergestellt ist. Es müfste nach Analogie der mit thierischen Membranen angestellten Versuche, dieses Gleichgewicht dadurch wieder hergestellt werden, dafs Wasser eindringt, zugleich aber auch etwas von der organischen Substanz austritt. Tritt solchergestalt Wasser von aufsen in die Zelle, den Umfang derselben vergröfsernd, so müssen mit demselben die unorganischen Salze in demselben Verhältnisse, in welchem sie darin gelöst sind, mit eintreten. Sollte auch das eine oder andere Salz rascher eintreten, so kann es doch nicht, wie wir später sehen werden, in verhältnifsmäfsig gröfserer Menge eintreten.

Wir sehen also, es mufs die wässerige Flüssigkeit in der Zelle, so weit dieselbe in vollem endosmotischen Verkehr mit dem äufseren Wasser steht, dieselben Salze in denselben Verhältnissen gelöst enthalten, wie dieses. Die Salze aber, welche in der Zelle in gröfseren Quantitäten enthalten sind, müssen aus dieser wässerigen Flüs-

sigkeit ausgeschieden seyn. Wann nun ein solches Salz als ausgeschieden zu betrachten ist, das bedarf hier noch einer näheren Erörterung.

Als ausgeschieden zu betrachten sind ohne Zweifel erstlich alle in fester Gestallt krystallinisch oder amorph abgesetzten Salze; ferner alle, welche mit einer *festen* organischen Substanz verbunden sind; weiter alle, welche mit einer zwar *flüssigen* organischen Substanz, welche aber ihrer Natur nach auf wässerige Lösungen nicht endosmotisch wirken kann, z. B. Oel, verbunden, oder von ihr eingeschlossen sind; als ausgeschieden und zu ersetzen sind endlich alle diejenigen Salze zu betrachten, welche mit irgend einer organischen Verbindung, sie mag seyn, welche sie wolle, verbunden sind. Denn so bald sich eine organische Substanz mit einem unorganischen Salze verbindet, so ist doch, wenn diese neue Verbindung auch löslich ist, nicht mehr das unorganische Salz, sondern nur dessen weitere Verbindung in der Lösung; ersteres fehlt daher und mufs ersetzt werden, letztere kann nicht aus der Pflanze heraus zur äufseren Flüssigkeit übergehen, und ist daher aus dem Safte, welcher in vollem endosmotischen Austausch mit der äufseren Flüssigkeit steht, ausgeschieden. Wir haben zwar bei endosmotischen Versuchen mit thierischen Membranen gesehen, dafs auch das Eiweifs und der Zucker durch dieselben hindurch zum Wasser übergehen. In den lebenden Pflanzen sind die Verhältnisse andere: es ist niemals eine solche Ausscheidung einer organischen Verbindung aus den Pflanzen mit Sicherheit beobachtet worden. Nimmt daher das in einer Zelle vorhandene Eiweifs die gleichzeitig vorhandenen phosphorsauren Salze auf, gleich viel, ob es damit eine chemische Verbindung eingehe, ob es dasselbe auflöse oder nur mechanisch einschliefse: so sind diese unorganischen Stoffe in dem vorhin bezeichneten Sinne als ausgeschieden zu betrachten, und müssen von aufsen her ersetzt werden. Verbindet sich ferner z. B. die Oxalsäure oder Weinsäure mit dem Kali, indem sie vielleicht dessen kohlensaure Verbindung zersetzt, so

mufs der Zelle wieder ebenso viel kohlensaures Kali zugeführt werden, als zersetzt wurde. Macht man einen solchen Versuch in einem durch thierische Blase verschlossenem Rohr, so wird das ausgeschiedene kohlensaure Kali auch ersetzt, aber es wird gleichzeitig von dem gebildeten weinsauren und oxalsauren Kali aus dem Rohre austreten.

Wir sehen also, dafs wenn wir die Aufnahme der unorganischen Substanzen durch die Pflanzen nach den bekannten Gesetzen der Endosmose erklären wollen, die wässerige Lösung der unorganischen Salze in den Pflanzen, so weit solche in Zellen enthalten ist, welche einen vollen endosmostischen Austausch mit der äufseren Flüssigkeit unterhalten (die an aufgelöste organische Substanzen gebundenen Salze gehören nach dem früher gesagten nicht hierher), diesen letztern ganz analog zusammengesetzt seyn mufs; dafs wir in den Pflanzen diejenigen Salze in gröfserer Menge vorfinden, welche verbraucht, assimilirt oder sonst wie abgesetzt wurden, indem die Wurzeln stets nur das Salz aufnehmen, welches ausgeschieden wurde. In den Wasserpflanzen müfste daher jene so eben näher bezeichnete wässerige Lösung der unorganischen Salze, welche wir kurz die unassimilirte nennen wollen, ebenso zusammengesetzt seyn, wie das Wasser, worin sie wachsen. Eine solche Uebereinstimmung direct nachzuweisen, ist nicht möglich, weil es unmöglich ist, jene wässerige Lösung rein aus denselben zu erhalten.

Ich bin bei dieser ganzen Betrachtung zunächst von einer sich unter Wasser befindenden Pflanzenzelle ausgegangen: aber man hat einen Unterschied gemacht zwischen der Ernährung derjenigen Pflanzen, welche sich unter Wasser entwickeln, und denjenigen, welche über die Oberfläche desselben hinauswachsen, und den Landpflanzen: da letztere mit dem Wasser, welches sie in grofsen Quantitäten abdunsten, die verschiedenen unorganischen Salze aufnehmen, welche dann nach der Verdunstung des Wassers in ihnen zurückbleiben müfsten, erstere aber, da sie

kein Wasser abdunsten, viel weniger zufällige, ihnen fremde Salze aufnehmen und behalten könnten. Ich hatte, hierdurch angeregt, eine Reihe von theils untergetauchten, theils über die Oberfläche des Wassers hervorragenden Wasserpflanzen untersucht. Eine wesentliche Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Asche dieser Pflanzen und der der abdunstenden, eine Verschiedenheit, welche einen Schlufs auf die nothwendigen und zufälligen Aschenbestandtheile der Pflanzen erlaubte, hatte sich aus den Untersuchungen nicht ergeben. Die untergetauchten Wasserpflanzen enthielten dieselben Salze, wie die über Wasser hervorragenden und die Landpflanzen; sie enthielten durchschnittlich mehr von denselben, als die letzteren.

In der That aber leben die untergetauchten Wasserpflanzen, wenigstens in Bezug auf die durch die Wurzeln aufzunehmenden Stoffe, in ganz ähnlichen Verhältnissen, wie die Landpflanzen. Diese stehen zwar nur theilweise mit der nährenden Flüssigkeit in Verbindung, und — worin man den Hauptunterschied gesehen — dunsten Wasser ab, was jene nicht können; aber es scheint, als ob man diesem Abdunsten eine zu bedeutende Rolle bei der Einführung der Nahrungsmittel durch die Wurzeln der Pflanzen zugeschrieben hat. »Dunstet eine Pflanze Wasser ab, so mufs von aufsen immer wieder Wasser und mit ihm die in demselben gelösten nährenden Stoffe eindringen,« so lautet eine sehr allgemeine Vorstellung. Aber für die unorganischen Stoffe wenigstens verhält sich das nicht so; ob das für die etwa aus dem Boden in die Pflanzen eingeführten organischen Stoffe, welche wohl so fort nach ihrer Aufnahme verändert werden, ob es namentlich für die Gase der Fall sey, mufs dahin gestellt bleiben. Dunstet eine Pflanze Wasser ab, so kann sie ebenso, als wenn sie dasselbe assimilirt, nur wieder Wasser aufnehmen, weiter nichts; wenigstens keine Salze, wenn nicht etwa gleichzeitig in der Pflanze solche verbraucht waren. Wenn die Abdunstung für die Aufsaugung der Nahrungsmittel so nothwendig wäre, wie könnten sich denn die Wasserpflanzen entwickeln?

diese häufen die unorganischen Salze in grofser Menge in sich auf, ohne dafs ein durch Verdunstung eingeleiteter fortwährender Wasserstrom durch dieselben hindurch geht. Wir haben schon oben gesehen, dafs wenn in einer Zelle irgend ein Salz ausgeschieden wird, dieses wieder eindringen mufs, auch wenn gleichzeitig kein Wasser mit eindringen kann. Ist aber in einer Zelle keine Bedingung zur Aufnahme von Stoffen gegeben, so wird sie es auch nicht durch das Ausscheiden oder Abdunsten von Wasser: es wird wieder Wasser eintreten, und die Verhältnisse sind dieselben, wie vorher. Ist gleichzeitig mit dem Wasser ein Salz ausgeschieden, so wird dieses, wie es scheint rascher ersetzt, als wenn das Salz ohne Wasser aufgenommen werden mufs.

In den Pflanzen ist der Saft durch die darin aufgelösten organischen Verbindungen concentrirter, als die äufsere Flüssigkeit des Bodens; diese Flüssigkeit mufs deshalb in die Pflanzen eindringen, wenn deren Räume sich erweitern und ihr Platz verschaffen; und es ist nothwendig, dafs ein solcher Druck nach innen stattfinde, eben um die neu zu bildenden Räume mit nährendem Safte zu füllen. Die organischen Stoffe in den Zellen werden aber allmälig assimilirt, und hierdurch, so wie durch das Eindringen des Wassers wird die Concentration des Saftes immer mehr vermindert. Die Verdunstung kann ihn nicht concentriren, da das abgedunstete Wasser sofort wieder ersetzt wird; der Saft müfste so zuletzt der äufsern Flüssigkeit gleich werden und dann alle das Volumen des Pflanzensaftes vergröfsernde Bewegung aufhören, da die Kraft, mit welcher die äufsere Flüssigkeit nach innen zu dringen strebt, gleich 0 würde; wenn nicht das Wasser mit den etwa darin gelösten und aufgenommenen organischen Verbindungen und mit den in den Zellen enthaltenen Gasen fortwährend neue Verbindungen herstellte, welche sich zunächst in dem Wasser des Zelleninhalts auflösen, und dadurch denselben fortwährend concentrirt erhalten. Diese stets neu gebildeten organischen Verbindungen sind die Ursache der steten endosmotischen

Spannung, welche das Wasser mit den darin gelösten nährenden Substanzen in die Pflanze eindringen und alle sich neu bildenden oder sich erweiternden Räume sofort füllen läfst, aber nicht die Verdunstung.

Durch die Verdunstung können also keine dem Organismus der Pflanzen fremde Salze in denselben aufgehäuft werden; sie begründet keine wesentliche Verschiedenheit in der Aufnahme der unorganischen Salze durch Wasser- und Landpflanzen: ebenso wenig aber auch der Umstand, dafs die Landpflanzen nur theilweise, mit ihren Wurzeln, in unmittelbarer Berührung mit der nährenden Flüssigkeit stehen. In der That sind es auch nur die äufsersten Zellen der Oberhaut, welche nur von einer Seite die nährende Flüssigkeit berühren, alle übrigen Zellen derselben verhalten sich ganz gleich den unter Wasser getauchten Zellen. Wird in einer innern Zelle einer Landpflanze ein Salz ausgeschieden, so wird ihr dasselbe von allen Seiten aus den angränzenden Zellen wieder dargeboten; diese nehmen das abgegebenë wieder aus ihren Nachbarzellen, und so werden am Ende sämmtliche Wurzeln in Thätigkeit gesetzt, um das vertauschte zu ersetzen; es kommt so auf jedes Wurzelhaar ein fast verschwindender Antheil.

Da nun die Landpflanzen und die über die Oberfläche des Wassers hervorragenden Pflanzen durch die Abdunstung verhältnifsmäfsig viel mehr Wasser verbrauchen, als die darin gelösten Salze, so müssen dieselben nothwendig die Flüssigkeiten, worin sie wachsen, concentriren, wenn ihnen das abgegebene Wasser nicht wieder irgend woher ersetzt wird. So erklärt sich die Concentration der Lösungen, in denen Saussure Pflanzen vegetiren liefs.

Da hiergegen aber die untergetauchten Wasserpflanzen dem Wasser, worin sie wachsen, verhältnifsmäfsig mehr Salze entziehen als das dieselben gelöst enthaltende Wasser, indem sie von letzterem nur so viel verbrauchen, als sie assimiliren: so müssen dieselben nothwendig die sie nährenden Wässer an Salzen ärmer machen. Entziehen die Wurzeln der Wasserpflanzen dem sie unmittelbar um-

gebenden Wasser Salze, so kann jenes Wasser dieselben sofort wieder aufnehmen, und besonders bei fliefsenden Wässern wird den Wurzeln die nährende Flüssigkeit stets in gleicher Zusammensetzung dargeboten. Anders ist das bei den Landpflanzen. Entziehen diese der Bodenflüssigkeit irgend ein Salz in verhältnifsmäfsig gröfserer Menge als das Wasser: so kann die die Wurzeln umgebende Flüssigkeit, da die Diffusion hier wegen der durch die Erde gehemmten freien Bewegung derselben erschwert ist, dieses Salz nicht so rasch ersetzen. Dafs nun auf diese Weise die Landpflanzen keinen Mangel leiden, dafür sorgt die bei ihnen stattfindende Abdunstung des Wassers, indem sie bewirkt, dafs das Wasser der Bodenflüssigkeit stets in verhältnifsmäfsig gröfserer Menge verbraucht wird, als die darin gelösten Salze. Dadurch mufs nach den Gesetzen der Hydrodynamik und Capillarität ein stetes Strömen der Aderflüssigkeit nach den Wnrzeln der Gewächse hin verursacht werden; und es können so wieder wegen der erschwerten Diffusion an den Wurzeln der Pflanzen die Flüssigkeiten concentrirter werden, als die von ihnen nur etwas entfernteren.

Die Verdunstung zieht daher nicht unmittelbar die Salze in die Pflanzen hinein, sondern nur an deren Wurzeln heran. Die Endosmose sorgt dafür, dafs die Bodenflüssigkeit, wie sie die Wurzeln umgiebt, sich in die Pflanzenzelle hinein fortsetzt, wo aus derselben, nachdem sie sich mit den theilweise auf andern Wegen aufgenommenen Gasen vermischt, die Pflanzengebilde entstehen und ausscheiden.

Dieser unassimilirte flüssige Zelleninhalt, so weit er eben nur als in die Pflanze hinein fortgesetzte Bodenflüssigkeit zu betrachten ist, enthält natürlich neben den Salzen, welche die Pflanze zu ihrem Wachsthum bedarf, auch alle unorganischen Substanzen, welche für die Entwickelung der Pflanze keine Bedeutung haben, oder sogar störend auf dieselbe einwirken, so viele im Boden in löslichen Verbindungen enthalten sind. Hier findet sich Kup-

fer, Silber, Arsenik etc.; alle diese Stoffe finden sich aber deshalb nur in geringer Menge in den Pflanzen, weil sie einmal in der Feuchtigkeit des Bodens nur in geringer Menge enthalten sind, und anderentheils die Quantität *unassimilirten* Saftes in den Pflanzen nicht bedeutend ist.

Sind nun aber alle aus jenem Pflanzensafte ausgeschiedenen Salze für die Bildung der Pflanzen nothwendig? Um diese schwierige Frage beantworten zu können, müssen wir zunächst feststellen, was unter nothwendigen Salzen verstanden werden soll. Sind nur diejenigen nothwendig, ohne welche sich die Pflanzen gar nicht entwickeln können? oder alle diejenigen, welche in einer solchen Beziehung zu den organischen Verbindungen stehen, oder gestanden haben, dafs ohne dieselben sich diese nicht gebildet haben könnten? Wollten wir uns für den ersten Theil der Fragenstellung entscheiden: so kämen wir auf die Frage nach nothwendigen und zufälligen organischen Bestandtheilen der Pflanzen. Ich kann mir sehr wohl denken, dafs eine Pflanze auch ohne die eine oder andere organische Verbindung, welche man in ihr findet, existiren könnte; wenigstens wissen wir, dafs eine Pflanze unter verschiedenen Verhältnissen wachsend, verschiedene Quantitäten organischer Bestandtheile erzeugt, dafs der Weizen z. B. bei starker animalischer Düngung mehr Kleber bildet, als ohne dieselbe. Wollten wir daher den ersten Theil der obigen Frage bejahen, so wären diejenigen unorganischen Stoffe, welche zur Bildung des Antheils Kleber beitragen, welcher sich mehr erzeugt, als zum Leben der Weizenpflanze unbedingt nothwendig ist, ebenso wenig nothwendig, wie jener Antheil Kleber selbst. Wir werden daher wohl diejenigen Salze als nothwendige bezeichnen müssen, welche in der vorhin angedeuteten Beziehung zu einer in den Pflanzen gebildeten organischen Verbindung stehen oder gestanden haben.

So dürfte denn wohl der gröfste Theil der aus dem unassimilirten Pflanzensafte ausgeschiedenen unorganischen Salze als nothwendig bezeichnet werden; abgerechnet müfs-

ten davon nur etwa die in keine weitere Verbindung eingegangenen, krystallinisch oder amorph abgesetzten Salze werden.

Freilich möchte jene Behauptung noch immer sehr gewagt erscheinen, da wir von der eigentlichen Beziehung der unorganischen Stoffe zu den einzelnen organischen Pflanzengebilden noch zu wenig unterrichtet sind. Viele (vielleicht die meisten?) derselben spielen in den Pflanzen gewifs eine ähnliche Rolle, wie der phosphorsaure Kalk in den Knochen. Aber durch blofse Aschenanalysen der ganzen Pflanzen werden wir schwerlich über die eigentliche Bedeutung der unorganischen Salze aufgeklärt werden, wenn nicht wenigstens zu gleicher Zeit eine Untersuchung der organischen Bestandtheile der Pflanzen damit verbunden ist. Hätten wir nur die ganzen Thiere eingeäschert, und deren Asche untersucht, würden wir wahrscheinlich zu keiner Einsicht über die Verwendung der phosphorsauren Kalkerde in den Knochen gelangt seyn. Besonders aber würden sich zu Untersuchungen solche Pflanzen eignen, welche unter verschiedenen Verhältnissen verschiedene organische Substanzen in verschiedenen Quantitäten bilden. Welche unorganischen Stoffe nehmen z. B. im Weizen gleichmäfsig mit dem Klebergehalte zu und ab?

Die allzustrenge Sonderung der verbrennlichen und unverbrennlichen Bestandtheile der Pflanzen hat, wie es scheint, für die Einsicht in die Bedeutung der unorganischen Stoffe viel geschadet. Hätten die Chemiker, welche die organischen Elementaranalysen der verschiedenen Pflanzenstoffe lieferten, mehr Rücksicht auf den unverbrennlichen Theil derselben genommen; hätten diejenigen, welche die Aschen der Pflanzen untersuchten, mehr Rücksicht auf die organischen Bestandtheile derselben genommen: so würden wir über die Bedeutung der unorganischen Salze für die Pflanzen wahrscheinlich mehr im Klaren seyn. Vegetationsversuche in künstlich gemischten Erden werden erst dann recht nützen, wenn die unter dem Einflusse verschie-

dener Salze gezogenen Pflanzen, sowohl auf ihre Aschenbestandtheile, als auch auf ihre organischen Verbindungen untersucht werden.

Zur Unterstützung der im vorhergehenden ausgesprochenen Ansicht über die Aufnahme der unorganischen Salze durch die Pflanzen, theile ich hier noch nachstehende Resultate endosmotischer Versuche mit.

Versuch I. 3,986 Grm. Chlornatrium wurden in 96,55 Grm. Wasser gelöst. Von dieser Lösung wurde in zwei mit Schweinsblase verschlossene Röhren gegossen, und zwar in No. 1: 1,677, also 0,074 Chlornatrium und 1,603 Wasser, in No. 2 aber 1,641, worin 0,072 Chlornatrium und 1,569 Wasser. Darauf wurde zu der ursprünglichen Lösung noch 2,486 schwefelsaures Kali gesetzt, und nun die beiden Röhren in diese Flüssigkeit getaucht. Die Lösung in den Röhren war also bis auf das schwefelsaure Kali, welches ihr fehlte, der äufseren Lösung ganz gleich. Es hatte hier dasselbe Verhältnifs statt, als wenn die Lösungen innerhalb und aufserhalb der Röhren dieselbe gewesen, und dann in den Röhren das schwefelsaure Kali ausgefüllt worden wäre. Nach Verlauf von 48 Stunden wurde der Inhalt der ersten Röhre untersucht: der Stand der Flüssigkeit in derselben war unverändert geblieben, mithin kein Wasser ein- oder ausgedrungen. In 1,002 Lösung war 0,006 schwefelsaures Kali enthalten. Das zweite Rohr wurde erst am 8ten Tage untersucht. Es enthielt alsdann 0,073 Chlornatrium und 0,02 schwefelsaures Kali. Da auch hier der Stand der Flüssigkeit in der Röhre nicht verändert war, so war durch den endosmotischen Procefs nur schwefelsaures Kali aufgenommen, sonst aber nichts weiter geändert.

Versuch II. 1,312 Chlornatrium und 0,886 schwefelsaures Kali wurden in 101,5 Wasser gelöst. In diese Flüssigkeit wurden wiederum zwei, ebenso wie im vorigen Versuche verschlossene Röhren getaucht, von denen No. 1 enthielt: 0,289 Chlornatrium in 2,466 Wasser gelöst; No. 2 aber 0,262 Chlornatrium und 2,097 Wasser. Die Lösungen

gen in den Röhren waren mithin bedeutend concentrirter, als die äufsere.

Nach drei Tagen wurde Rohr I untersucht. Es enthielt 0,074 Chlornatrium, 0,024 schwefelsaures Kali und 2,726 Wasser. Es war also 0,26 Wasser eingedrungen und mit ihm schwefelsaures Kali, von letzterem aber mehr, als in 0,26 Wasser der äufsern Lösung gelöst war; und zwar so viel, dafs in Bezug auf das schwefelsaure Kali die Lösung im Rohr der äufseren völlig gleich war. Chlornatrium war ausgetreten. Die Röhre II wurde nach 8 Tagen untersucht; sie enthielt: 0,043 Chlornatrium, 0,022 schwefelsaures Kali und 2,329 Wasser. Nachdem sich also die getrennten Lösungen in Bezug auf das schwefelsaure Kali ins Gleichgewicht gesetzt hatten, war nur noch Chlornatrium ausgetreten, weiter aber nichts geändert. Es konnte das völlige Gleichgewicht auf doppelte Weise hergestellt werden: einmal, wie es wirklich geschehen, so, dafs, nachdem die beiden Lösungen in Bezug auf das schwefelsaure Kali ins Gleichgewicht gesetzt waren, so lange Chlornatrium austrat, bis die Lösungen auch in Bezug auf dieses Salz einander gleich waren; oder dafs kein, oder weniger Chlornatrium austrat, dafür aber noch immer fort Wasser mit schwefelsaurem Kali in demselben Verhältnisse, in welchem es darin gelöst war, eindrang. Wasser allein konnte natürlich nicht eindringen, es wäre dadurch das Gleichgewicht in Bezug auf das schwefelsaure Kali wieder gestört worden. Der Vorgang war hier in dieser Beziehung ein ähnlicher, als in Versuch I. Dort konnte das Gleichgewicht, nachdem etwas schwefelsaures Kali eingetreten, auch dadurch hergestellt werden, dafs aus dem Rohr Wasser mit Chlornatrium austrat. Es wurde aber in der That so hergestellt, dafs nur schwefelsaures Kali eintrat, ebenso wie in Versuch II nur Chlornatrium austrat.

Versuch III. In eine Lösung, welche auf 25 Th. Chlornatrium 24 Th. schwefelsaures Kali enthielt, wurden wiederum zwei Glasröhren gestellt, von denen No. I enthielt: 0,016 Chlornatrium und 1,473 Wasser, No. II hingegen

0,019 Chlornatrium und 1,737 Wasser. In beide Röhren wurde dann Zucker gebracht, in No. I jedoch mehr als in No. II. In Bezug auf das Chlornatrium waren die Lösungen in den Röhren mit der äufseren Lösung gleich concentrirt. Nach 4 Tagen fand sich in Rohr I: 0,026 Chlornatrium und 0,014 schwefelsaures Kali. Auf 10 Theile eingeführtes Chlornatrium waren daher 14 Theile schwefelsaures Kali eingetreten, letzteres also in verhältnifsmäfsig gröfserer Menge. Rohr II enthielt am 7ten Tage: 0,027 Chlornatrium, 0,014 schwefelsaures Kali und 2,312 Wasser. Mit 8 Th. Chlornatrium waren daher 14 Th. schwefelsaures Kali eingetreten. Uebrigens war in dieses Rohr weniger Wasser eingetreten als in Rohr I, welches, wie gesagt, mehr Zucker enthielt. Es war daher auch in diesem Versuche, nachdem sich die beiden Lösungen in Bezug auf den Zucker ins Gleichgewicht gesetzt hatten, nur schwefelsaures Kali aufgenommen, sonst aber weder Wasser noch Chlornatrium ein- oder ausgetreten.

Versuch IV. Zu diesem Versuche wurde die Lösung, welche zum Versuch I. gedient hat, jedoch etwas verdünnt, verwandt. Mit derselben, aber bedeutend concentrirten, Lösung wurden die Röhren gefüllt. Rohr I enthielt 0,193 Salze und 1,581 Wasser. Rohr II: 0,234 Salze und 1,922 Wasser und eine gewisse Quantität Zucker. In Rohr I fand sich am 4ten Tage: 0,053 Chlornatrium, 0,039 schwefelsaures Kali und 1,892 Wasser. In Rohr II zu derselben Zeit: 0,103 Chlornatrium, 0,072 schwefelsaures Kali und 3,255 Wasser. Es war daher in beide Röhren nur Wasser eingetreten, in Rohr II natürlich bedeutend mehr. Ausgetreten waren beide Salze, und zwar in demselben Verhältnisse, in welchem sie sich in der Lösung befanden. (In Rohr II fand sich noch etwas mehr schwefelsaures Kali, als es der Rechnung nach enthalten mufste.)

Versuch V. Es wurden 1,539 kohlensaures Kali, 0,738 schwefelsaures Kali und 0,442 Chlornatrium in einer nicht bestimmten Quantität Wasser gelöst. In diese Flüssigkeit wurden zwei Röhren mit Zuckerlösung getaucht. Rohr I

enthielt 0,518 Zucker und 1,422 Wasser; Rohr II: 0,500 Zucker und 1,655 Wasser. Rohr II war, wie die Röhren aller vorigen Versuche mit Schweinsblase verschlossen, Rohr I aber mit einem Stück Ochsendarm. In Rohr I stieg die Flüssigkeit viel rascher, und hatte auch noch einen höheren Stand, als der endosmotische Procefs unterbrochen wurde, was nach Verlauf von 24 Stunden geschah, als die Bewegung der Flüssigkeiten noch fortdauerte. Rohr I enthielt 2,339 Wasser, 0,251 Zucker, 0,006 Chlornatrium, 0,008 schwefelsaures Kali und 0,017 kohlensaures Kali. Rohr II: 2,198 Wasser, 0,465 Zucker, 0,0039 Chlornatrium, 0,0052 schwefelsaures Kali und 0,0099 kohlensaures Kali. Es war hier in beide Röhren vom Chlornatrium verhältnifsmäfsig mehr eingedrungen, als von den beiden andern Salzen; in Rohr I jedoch diese beiden Salze in ziemlich demselben Verhältnisse, in Rohr II aber auch verhältnifsmäfsig mehr schwefelsaures Kali, als kohlensaures Kali. Uebrigens waren die Quantitäten der Salze, mit welchen in diesem Versuche experimentirt wurde zu klein, um aus obigen Resultaten bestimmte Ansichten bilden zu können.

Würde man nun diesen letzten Versuch mit verschiedenen Pflanzenmembranen anstellen, und finden, dafs dieselben die verschiedenen Salze mit noch gröfseren Abweichungen durchgelassen hätten: so könnte man daraus doch nicht etwa den Schlufs ziehen, dafs die lebenden Pflanzen die Salze in denselben oder ähnlichen Verhältnissen aufnehmen und enthalten, als deren Membranen, womit experimentirt wurde, durchgelassen hatten. In Versuch V. wurde der endosmotische Procefs unterbrochen, als das Gleichgewicht der Flüssigkeiten noch nicht hergestellt war; sobald diefs geschehen, sobald also keine Bewegung der Flüssigkeit in das Rohr mehr stattfindet, werden die Salze, welche in verhältnifsmäfsig zu geringer Menge eingedrungen, allmälig aufgenommen, bis das Gleichgewicht in jeder Beziehung hergestellt ist. Aber, wird man sagen, in den lebenden Pflanzen hört diese Bewegung nie auf, weil der Zelleninhalt stets concentrirter bleibt. Die Bewegung der

Flüssigkeit in die Pflanzen hinein kann natürlich nur so lange statt finden, als in denselben für die eindringenden Flüssigkeiten Platz vorhanden ist, oder geschafft wird. Ist dieser Platz nicht da, so mufs die Bewegung auch bei der gröfsten endosmotischen Spannung aufhören. Aber auch angenommen dieser Platz sey stets vorhanden, es gehe also die äufsere Flüssigkeit ununterbrochen in die Pflanzen hinein, so ist das Verhältnifs des Versuches V doch noch in einem wesentlichen Punkte von dem Vorgange bei den lebenden Pflanzen verschieden. Diese Verschiedenheit besteht in der bei den Pflanzen stattfindenden Verdunstung. Wäre während der Dauer des Versuchs V aus den Röhren Wasser verdunstet, so wäre zu einer Zeit, deren Inhalt in Bezug auf das Chlornatrium schon concentrirter gewesen, als die äufsere Lösung, während er in Bezug auf das schwefelsaure Kali und kohlensaure Kali noch verdünnter war. Alsdann würde in die Röhren nur Wasser mit schwefelsaurem Kali eingedrungen seyn, aber kein Chlornatrium. So wäre dann das Gleichgewicht der beiden Lösungen auch noch *während* der Bewegung der Flüssigkeiten hergestellt gewesen.

Der Versuch V wurde noch einmal mit der Abänderung wiederholt, dafs beide Röhren eine gleiche Zuckerlösung enthielten. In den ersten 48 Stunden stieg die Flüssigkeit in der durch Ochsendarm verschlossenen Röhre viel rascher als in der durch Schweinsblase verschlossenen. Darauf aber änderten sich die Verhältnisse, und nach 8 Tagen war die Flüssigkeit im Rohr II um mehr, denn doppelt so viel gestiegen, als die in Rohr I. Aus Rohr II war daher viel weniger Zucker ausgetreten, als aus Rohr I.

Bei allen so eben beschriebenen Versuchen wurde übrigens der Inhalt der Röhren nach Beendigung des endosmotischen Processes auf folgende Weise bestimmt. Das Rohr wurde in einen Platintiegel entleert, die Lösung darin gewogen und abgedampft, die zurückbleibenden Salze bestimmt und geschieden. Das Rohr aber wurde schnell ausgespült, die Spülwasser für sich abgedampft, und die Zu-

sammensetzung des Rückstandes derselben, so wie das Wasser, worin er im Rohr gelöst war, berechnet.

II. *Ueber die epoptischen Farben der einaxigen Krystallplatten und der dünnen Krystallblättchen im linear-polarisirten Lichte; von E. Wilde.*

(Schlufs von S. 114.)

Erklärung der kreisförmigen Ringe im homogenen und im Tageslichte.

Hat man die Spiegel des Polarisationsapparates in die *gekreuzte Lage* (die Lage, in welcher die Reflexionsebenen beider Spiegel senkrecht auf einander sind) gestellt, so erblickt man, wenn z. B. eine senkrecht gegen die Axe geschnittene Kalkspathplatte im homogenen Lichte zwischen die Spiegel gebracht ist, ein dunkles Kreuz, dessen büschelförmige Arme in den Reflexionsebenen der beiden Spiegel liegen, und um den dunklen Centralfleck herum sehr viele helle und dunkle kreisförmige Curven, im Tageslichte aber eine bei weitem geringere Anzahl von Ringen, deren Farben, von einem schwarzen Kreuze mit vier büschelförmigen Armen durchschnitten, mit denen der reflectirten Newton'schen Ringe übereinstimmen. Den schwarzen Fleck umgiebt ein bläulicher Saum; auf diesen folgt ein weifser Ring, hierauf ein gelber, orangefarbener, rother, violetter u. s. w. Diese Farben, die man *epoptische* zu nennen pflegt, bleiben ungeändert, wie man auch den Krystall um seine Axe drehen mag, wenn nur die Spiegel ihre gekreuzte Lage behalten. Läfst man aber den analysirenden Spiegel eine Vierteldrehung von 90° machen, und bringt ihn in die *parallele Lage* (die Lage, in welcher die Reflexionsebenen beider Spiegel in einander fallen), so gehen alle Farben in die complementären über. Ein ähn-

liches Farbensystem beobachtet man um die Axe aller übrigen einaxigen Krystalle (mit Ausnahme der Quarze), unter denen diejenigen am leichtesten zu diesen Versuchen geeignet gemacht werden können, deren Axe auf den natürlichen Spaltungsebenen senkrecht ist.

Um das Entstehen dieser Farben aus der Undulationstheorie ableiten zu können, sey (Fig. 4 Taf. II.) *Pp* die Reflexionsebene des polarisirenden Spiegels, *Hh* der Hauptschnitt des Krystalls, *P′p′* die Reflexionsebene des analysirenden Spiegels, und *cd* die auf *Pp* senkrechte Richtung der Aetherschwingungen in den beiden homogenen und polarisirten Strahlen *sf* und *se* in Fig. 3 Taf. II.: so läfst sich *cd* in die Schwingungen *ce* und *cg*, *ce* in *ef* und *cf* und *cg* in *gk* und *ck* zerlegen, von denen jedoch die beiden mit der Reflexionsebene *P′p′* des analysirenden Spiegels parallelen Oscillationen *cf* und *ck* nicht berücksichtigt werden dürfen, weil dieser Spiegel nur die auf seiner Reflexionsebene senkrechten Schwingungen zurückwirft. Bekanntlich hat man [1]):

$$cd = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right),$$

oder, wenn die Schwingungsweite a, folglich auch die Intensität a^2 des auf den Krystall fallenden Lichtes $= 1$ gesetzt werden:

$$cd = \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right),$$

worin t die seit dem Beginne der Aetherschwingungen verflossene Zeit, T die Dauer einer Schwingung, x die Entfernung von der Lichtquelle bis zu einem beliebigen Orte, und λ, wie immer, die Wellenlänge eines homogenen Strahles in der Luft bedeuten. Nimmt man hier x gleich dem Wege $se = sk$ der beiden Strahlen *se* und *sf* in Fig. 3 Taf. II., und setzt $x' = x + kf + fp$, so ist, wenn der gewöhnliche, senkrecht gegen den Hauptschnitt (Fig. 4 Taf. II.) *Hh* oscillirende Strahl den Krystall verläfst:

$$cg = cd . \cos\theta = \cos\theta \sin 2\pi \left(\frac{t'}{T} - \frac{x'}{\lambda}\right),$$

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 88.

sobald der Winkel PcH mit θ bezeichnet wird. Der ungewöhnliche, parallel mit dem Hauptschnitte schwingende Strahl aber hat eine andere Phase, weil für denselben der Weg ep in Fig. 3 Taf. II. kleiner ist, als der Weg $kf+fp$ des gewöhnlichen Strahles, überdiefs auch die Wellenlänge des geschwinderen ungewöhnlichen Strahles länger ist, als die des gewöhnlichen, der Weg des ersteren also weniger Wellenlängen enthält, als ein eben so grofser Weg des letzteren. Für das ungewöhnliche aus dem Krystalle austretende System hat man daher statt x' zu setzen $x'-\delta$, so dafs (Fig. 4 Taf. II.):

$$ce = cd.\sin\theta = \sin\theta \sin 2\pi\left(\frac{t'}{T} - \frac{x'-\delta}{\lambda}\right)$$

wird. Man erhält folglich, wenn man noch den Winkel $P'cH$ zwischen der Reflexionsebene des analysirenden Spiegels und dem Hauptschnitte mit η bezeichnet:

$$gk = cg.\cos\eta = \cos\eta\cos\theta\sin 2\pi\left(\frac{t'}{T} - \frac{x'}{\lambda}\right)$$

$$ef = ce.\sin\eta = \sin\eta\sin\theta\sin 2\pi\left(\frac{t'}{T} - \frac{x'}{\lambda} + \frac{\delta}{\lambda}\right),$$

so dafs $\frac{2\pi\delta}{\lambda}$ der Phasenunterschied beider parallelen Schwingungen ist, der auch bei ihrer Ankunft im Auge derselbe bleibt, weil beide nach ihrem Austritt aus dem Krystalle einen gleichen Weg mit gleicher Geschwindigkeit in der Luft zurücklegen. Die Coëfficienten $\cos\eta\cos\theta$ und $\sin\eta\sin\theta$ der Oscillationen gk und ef sind die gröfsten Werthe derselben, d. h. die Schwingungsweiten der zugehörigen Strahlen, die aus ihrer Interferenz resultirende Intensität des Lichtes ist daher:

$$J = \sin^2\eta\sin^2\theta + \cos^2\eta\cos^2\theta + 2\sin\eta\cos\eta\sin\theta\cos\theta\cos\frac{2\pi\delta}{\lambda}\,{}^{1)},$$

weil man die Intensität des aus der Interferenz zweier homogenen und *ähnlich polarisirten* Strahlen (in denen die

1) Für die positiven Krystalle wird zwar der Phasenunterschied $\frac{2\pi\delta}{\lambda}$ negativ, es hat diefs aber keinen Einflufs auf das Vorzeichen des $\cos\frac{2\pi\delta}{\lambda}$.

Aetherschwingungen, wie hier ef und gk, parallel sind) resultirenden Lichtes findet, wenn man zu der Summe der Quadrate ihrer Schwingungsweiten das doppelte Product dieser Schwingungsweiten mit dem Cosinus des Phasenunterschiedes beider Strahlen addirt [1]). Da $\sin^2 A = \frac{1-\cos 2A}{2}$, $\cos^2 A = \frac{1+\cos 2A}{2}$, und $\sin A \cos A = \frac{\sin 2A}{2}$, so kann man, wenn endlich noch der Winkel der beiden Polarisationsebenen Pp und $P'p'$ mit α bezeichnet wird, so dafs $\theta = \alpha + \eta$, die letzte Gleichung auch so schreiben:

$$(12)\quad J = \tfrac{1}{2}\left[1 + \cos 2\eta \cos 2(\alpha+\eta) + \sin 2\eta \sin 2(\alpha+\eta) \cos \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right] \text{ [2]).}$$

Für die gekreuzte Lage der Spiegel ist $\alpha = 90^\circ$, $\cos 2(\alpha+\eta) = -\cos 2\eta$, und $\sin 2(\alpha+\eta) = -\sin 2\eta$. Man hat daher für diesen Fall aus (12):

$$(13)\quad J = \tfrac{1}{2}\left[1 - \cos^2 2\eta - \sin^2 2\eta \cos \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right]$$

$$= \frac{\sin^2 2\eta}{2}\left[1 - \cos \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right] = \sin^2 2\eta \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda} = \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda},$$

wenn $\eta = 45^\circ$. Aus dem in (8) S. 111 schon berechneten Gangunterschiede $\frac{\delta}{\lambda}$, der in einem senkrecht gegen die Axe geschnittenen Krystalle zwischen den gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen sich bildet, ist daher die Intensität gleich Null, wenn

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{d \sec r (a^2 - b^2) \sin^2 i}{2b\lambda} = 0,\ = 1,\ = 2 \ldots, \text{ oder}$$

$$(14)\quad \sin^2 i = 0,\ = \frac{2b\lambda}{d(a^2-b^2)} = \frac{4b\lambda}{d(a^2-b^2)} \ldots,$$

sobald $\sec r = 1$ gesetzt wird. Für dieselbe gekreuzte Lage der Spiegel ist dagegen die Intensität in ihrem Maximum 1, wenn $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{1}{2},\ = \frac{3}{2},\ = \frac{5}{2} \ldots$, wenn folglich

$$(15)\quad \sin^2 i = \frac{b\lambda}{d(a^2-b^2)},\ = \frac{3b\lambda}{d(a^2-b^2)} \ldots$$

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 91.

2) Es ist diefs die Airy'sche Gleichung (S. 105).

Für die parallele Lage der Spiegel wird $\alpha = 0°$, und deshalb aus (12) die Intensität:

$$(16) \quad J' = \tfrac{1}{2}\left[1 + \cos^2 2\eta + \sin^2 2\eta \cos \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right]$$
$$= \tfrac{1}{2}\left[2 - \sin^2 2\eta\left(1 - \cos \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right)\right] = 1 - \sin^2 2\eta \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$$
$$= 1 - \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda},$$

wenn man wieder $\eta = 45°$ nimmt. Die Intensitäten J und J' ergänzen sich also zu der Intensität 1 des einfallenden Lichtes, d. h. es ist im einfallenden homogenen Lichte und bei der gekreuzten Lage der Spiegel das Gesichtsfeld da hell, wo es bei der parallelen dunkel erscheint und umgekehrt, im einfallenden Tageslichte aber in dem einen Falle da weifs oder roth oder gelb oder blau, wo es sich in dem anderen schwarz oder grün oder violett oder orangefarben zeigt und umgekehrt.

Ist der Winkel η, unter dem der Hauptschnitt des Krystalles gegen die Reflexionsebene des analysirenden Spiegels geneigt wird, nicht $= 45°$, so wird die Intensität in (13) um so schwächer, und die in (16) um so mehr $= 1$, die Färbung des Gesichtsfeldes also um so weniger von der verschieden, in welcher es sich ohne die eingeschobene Krystallplatte zeigt, je mehr sich der Winkel η den Gränzen 0° und 90° nähert, welchen Werth auch $\sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$ für jede Farbe mit der Wellenlänge λ haben mag. Die Farben werden daher am lebhaftesten da hervortreten, wo der Hauptschnitt gegen die Reflexionsebene des analysirenden Spiegels unter dem, in der Mitte zwischen 0° und 90° liegenden Winkel von 45° geneigt ist, so dafs $\sin^2 2\eta = 1$.

Da der Einfallswinkel (Fig. 3 Taf. II.) $zfs = i$ dem Sehwinkel cop gleich ist, unter dem die Entfernung cp des Punktes p von der Mitte c des Gesichtsfeldes dem Auge in o erscheint, und da das Sinusquadrat dieses Sehwinkels in (14) und (15) constant ist: so müssen sich im homogenen Lichte die dunklen und hellen Oerter um den

Mittelpunkt c herum zu *concentrischen Kreisen* zusammensetzen. Im Tageslichte aber hat ein jeder dieser Ringe zwar eine andere, auf seinem ganzen Umfange aber eine und dieselbe Farbe, weshalb man nicht allein diese, sondern überhaupt alle Curven von gleicher Farbe *isochromatische* zu nennen pflegt.

Bei gekreuzten Spiegeln wird die Intensität nicht blofs in Folge der Gleichung (14) in den dunklen Ringen, sondern der vollständige Werth derselben in (13):

$$J = \sin^2 2\eta \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$$

auch dann gleich Null, wenn $\eta = 0^\circ$, $= 90^\circ$, $= 180^\circ$, $= 270^\circ$, welchen Werth auch der Factor $\sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$ für jede Farbe mit der Wellenlänge λ haben mag. Der Winkel η ist die Neigung der Reflexionsebene des analysirenden Spiegels gegen den Hauptschnitt, und dieser bei einem senkrecht gegen die Axe geschnittenen Krystalle *eine jede, senkrecht gegen die brechende Fläche durch den Krystall gehende Ebene.* Rechnet man daher den Winkel η von der gekreuzten Reflexionsebene des analysirenden Spiegels, so müssen bei den obigen Werthen dieses Winkels in den Reflexionsebenen beider Spiegel im Tageslichte sich schwarze Streifen zeigen. Die Intensität nimmt aber von den Armen des dadurch entstandenen Kreuzes nur allmälig zu. So ist sie, wenn man von dem Winkel $\eta = 0^\circ$ ausgeht, nur $\sin^2 6^\circ = 0{,}0109$ für $\eta = \pm 3^\circ$, und selbst für $\eta = \pm 5^\circ$ nur $\sin^2 10^\circ = 0{,}0301$ bei der Lichtstärke 1 der auf den Krystall fallenden Strahlen (S. 198), wenn auch $\sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$ im Maximum 1 seines Werthes genommen wird. Eben so verhält es sich, wenn die Reflexionsebene des analysirenden Spiegels die Winkel $\eta = 90^\circ$, $= 180^\circ$, $= 270^\circ$ mit dem Hauptschnitte bildet. Die Arme des Kreuzes werden daher nicht blofs als schwarze Linien, sondern vielmehr als schwarze Büschel, die nach den Enden hin breiter werden, erscheinen müssen, weil die Schenkel eines Winkels sich um so mehr von einander entfernen, je länger sie werden.

Die Halbmesser der Ringe sind zwar eigentlich die Tangenten (Fig. 3 Taf. II.) cp der Sehwinkel i mit dem gemeinschaftlichen Radius oc; weil aber die Tangenten dieser kleinen Winkel mit ihren Sinus vertauscht, und die Linien oc und op als gleich angesehen werden können, so folgt aus (13) und (14), dafs sich für die gekreuzte Lage der Spiegel die Halbmesser $\sin i$ der Ringe, wenn das einfallende Licht *weifs* ist, nicht allein wie die Quadratwurzeln aus den verschiedenen Wellenlängen der im weifsen Lichte enthaltenen Farben, sondern auch für die abwechselnd hellsten und dunkelsten Stellen der zu jeder Farbe gehörigen Ringe wie $\sqrt{1} : \sqrt{2} : \sqrt{3} \ldots$ verhalten. Für das Entstehen der Mischfarben finden hier also ganz dieselben Bedingungen Statt, wie für die Mischfarben in den *reflectirten Newton'schen* Ringen [1]), und daher die Uebereinstimmung zwischen diesen und jenen Farben.

Aus den Gleichungen (14) und (15) geht ferner hervor, dafs sich unter sonst gleichen Bedingungen die Halbmesser $\sin i$ der Ringe umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus der Dicke d der Krystallplatten verhalten, dafs also z. B. auf einer 4 oder 9 mal dickeren Platte desselben Krystalles die Halbmesser der gleichvielten Ringe 2 oder 3 mal kleiner sind.

Eben diese Gleichungen enthalten auch den Beweis für das von Biot auf experimentalem Wege entdeckte Gesetz (S. 104). Denn da aus (8) S. 111 auch:

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{d \sec r (a^2 - b^2) \sin^2 r}{2 b^2 \lambda},$$

so wird z. B. für die Maxima bei gekreuzten Spiegeln, also für $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{1}{2}, = \frac{3}{2}, = \frac{5}{2} \ldots$:

$$d \sec r \sin^2 r = \frac{b^2 \lambda}{a^2 - b^2}, = \frac{3 b^2 \lambda}{a^2 - b^2} \ldots,$$

d. h. es sind, wie Biot es fand, die hellen Oerter des Gesichtsfeldes von dem Producte $d \sec r \sin^2 r$ abhängig.

Es kommt hier alles, wie man sieht, auf die Richtigkeit

1) Diese Ann. Bd. 82, S. 35.

der Gleichung (14) an, die ich deshalb mit den an einer Kalkspathplatte von der Dicke $d=0{,}23$ Par. Zoll angestellten Messungen verglichen habe. Zur Lichtquelle nahm ich wieder die Flamme, die sich mir als die geeignetste zu solchen Versuchen bewährt hat, eine Alkoholflamme, deren Docht in eine Chlornatriumlösung getaucht und dann getrocknet war. Die Farbe derselben ist kein reines Gelb, sondern eine Mischung von Gelb und Violett, so daſs sie näher dem Orange als dem Gelb zu seyn scheint. Für a und b habe ich deshalb nicht die umgekehrten *mittleren* Brechungsexponenten des Kalkspaths, sondern die in der Mitte zwischen den Fraunhofer'schen Linien D und E liegenden, und schon S. 114 angegebenen umgekehrten Exponenten, a nämlich $=0{,}67226$ und $b=0{,}60203$, die dieser Stelle des Spectrums entsprechende Wellenlänge λ folglich $=0{,}0000206$ Par. Zoll genommen [1]). Ich habe mich, wie schon gesagt, eines Dove'schen Polarisations-Instrumentes bedient, in dem die beiden Spiegel der Spiegelapparate durch zwei Nicol'sche Prismen ersetzt sind, so daſs hier die gekreuzte und parallele Lage der Hauptschnitte beider Prismen der gekreuzten und parallelen Lage der Reflexionsebenen beider Spiegel in den Spiegelapparaten entspricht. An dem vorderen, der Flamme zugekehrten Ende der prismatischen Stange, auf welche die Prismen geschoben sind, ist in diesem Instrumente ein Sammelglas aufgestellt, durch welches die auf das *polarisirende Prisma* fallenden Strahlen concentrirt werden. Eine Convexlinse von etwa 2 Rheinl. Zoll Brennweite, welche an die Fassung des polarisirenden Prisma auf der dem Auge zugekehrten Seite geschraubt ist, verringert die Divergenz der aus diesem Prisma austretenden Strahlen. Zur Vergröſserung des Gesichtsfeldes befindet sich zwischen beiden Prismen eine Collectivlinse von $1\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite, und an der vorderen Fassung des *analysirenden Prisma* eine Concavlinse von 4 oder 5 Zoll Brennweite, um die starke Convergenz der aus der Collectivlinse austretenden Strahlen

1) Diese Ann. Bd. 82, S. 190.

zu vermindern. Zwischen diesem Glase und dem analysirenden Prisma ist der Krystall, und zwischen dem polarisirenden Prisma und der Collectivlinse in meinem Instrumente der Meſsapparat aufgestellt, eine Mikrometerschraube, die einen dünnen Faden durch das Gesichtsfeld schiebt, und deren Kopf so getheilt ist, daſs ich Zehntausendtel Pariser Zoll genau messen, Hunderttausendtel Zoll aber mit ziemlicher Sicherheit schätzen konnte. In der gegen die Axe des Instrumentes lothrechten Ebene ist die Schraube drehbar, um die Messungen in jeder beliebigen Richtung ausführen zu können.

Für die angegebenen Werthe von a, b, d und λ und für die gekreuzte Lage der Spiegel (Nicol'schen Prismen) findet man die Halbmesser $\sin i$ der dunklen Ringe aus (14), wie folgt:

Kalkspath.

Halbmesser der dunklen Ringe in Pariser Zollen.

Erster Ring	0,00000	Fünfter Ring	0,06942
Zweiter »	0,03471	Sechster »	0,07761
Dritter »	0,04909	Siebenter »	0,08502
Vierter »	0,06012	Achter »	0,09183

Aus der Brechung der Strahlen in den Linsen, wie sie zu meinem Instrumente genommen sind, resultirt eine *Verkleinerung* des Bildes, deren Zahl sich durch die Vergleichung irgend eines gemessenen Werthes mit dem berechneten finden läſst. So habe ich z. B. den Halbmesser des zweiten dunklen Ringes $=0{,}0293$ Par. Zoll gemessen, die Verkleinerungszahl ist also $\frac{0{,}0293}{0{,}0347}=0{,}844$. Die Producte der vorstehenden Werthe mit dieser Zahl sind die in der zweiten Columne der folgenden Tabelle unter »Berechnet« angegebenen Halbmesser, die dritte mit »Beobachtet« bezeichnete Columne enthält die unmittelbar gemessenen Werthe [1]), und die vierte die Differenzen zwischen beiden:

1) Alle in dieser Abhandlung unter »Beobachtet« angegebenen Werthe sind als Mittel aus wiederholten, zu verschiedenen Zeiten angestellten Messungen genommen.

Kalkspath.

Halbmesser der dunklen Ringe in Pariser Zollen.

Folge der Ringe.	Berechnet.	Beobachtet.	Differenzen.
Erster Ring	0,0000	0,0000	0,0000
Zweiter »	0,0293	0,0293	0,0000
Dritter »	0,0414	0,0423	0,0009
Vierter »	0,0506	0,0518	0,0012
Fünfter »	0,0585	0,0597	0,0012
Sechster »	0,0654	0,0665	0,0011
Siebenter »	0,0717	0,0728	0,0011
Achter »	0,0774	0,0784	0,0010

Die Uebereinstimmung zwischen der Theorie und den Messungen ist also eine beinahe vollkommene, und viel gröſser, als ich selbst sie erwartet hatte, weil die Formeln, die den Rechnungen zum Grunde liegen, überall nur approximativ richtig sind.

Für einen beliebigen Werth von α ist aus (12) S. 200:

$$J = \tfrac{1}{2}\left[1 + \cos 2\eta \cos 2(\alpha+\eta) + \sin 2\eta \sin 2(\alpha+\eta) \cos \frac{2\pi\delta}{\lambda}\right].$$

Setzt man hierin nicht allein $\sin 2\eta = 0^\circ$, oder $\eta = 0^\circ$, $= 90^\circ$, $= 180^\circ$, $= 270^\circ$, sondern auch $\sin 2(\alpha+\eta) = 0$, oder $\eta = 90^\circ - \alpha$, $= 180^\circ - \alpha$, $= 270^\circ - \alpha$, $= 360^\circ - \alpha$, so wird für diese acht Werthe von η die Intensität

$$J = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2} = \cos^2 \alpha.$$

Das Farbenbild muſs also, wenn man die Spiegel aus der parallelen Lage gebracht, und ihre Reflexionsebenen unter dem Winkel α gegen einander gestellt hat, auf acht Radien, die gegen die Reflexionsebene des analysirenden Spiegels unter den Winkeln $\eta = 0^\circ$, $= 90^\circ - \alpha$, $= 90^\circ$, $= 180^\circ - \alpha$, $= 180^\circ$ u. s. w. geneigt sind, von Streifen unterbrochen seyn, die alle die Intensität $\cos^2 \alpha$ haben.

In der *Mitte des ersten Sectors*, der zwischen $\eta = 0^\circ$ und $\eta = 90^\circ - \alpha$ liegt, ist $\eta = 45^\circ - \frac{\alpha}{2}$, also $2\eta = 90^\circ - \alpha$, $2(\alpha+\eta) = 90^\circ + \alpha$, $\cos 2\eta = \sin \alpha$, $\cos 2(\alpha+\eta) = -\sin \alpha$, $\sin 2\eta = \cos \alpha$, $\sin 2(\alpha+\eta) = \cos \alpha$, folglich

$$J = \tfrac{1}{2}\left[1 - \sin^2\alpha + \cos^2\alpha \cos\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right]$$

$$= \frac{\cos^2\alpha}{2}\left[1 + \cos\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right] = \cos^2\alpha \cos^2\frac{\pi\delta}{\lambda},$$

und diese Intensität im Maximum $\cos^2\alpha$, wenn $\cos^2\frac{\pi\delta}{\lambda} = 1$, oder $\frac{\delta}{\lambda} = 0,\ = 1,\ = 2\ldots$, und im Minimum Null, wenn $\cos^2\frac{\pi\delta}{\lambda} = 0$, oder $\frac{\delta}{\lambda} = \tfrac{1}{2},\ = \tfrac{3}{2}\ldots$ Dagegen ist in der *Mitte des zweiten Sectors*, der zwischen $\eta = 90^\circ - \alpha$ und $\eta = 90^\circ$ liegt, $\eta = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}$, also $2\eta = 180^\circ - \alpha$, $2(\alpha + \eta) = 180^\circ + \alpha$, $\cos 2\eta = -\cos\alpha$, $\cos 2(\alpha + \eta) = -\cos\alpha$, $\sin 2\eta = \sin\alpha$, $\sin 2(\alpha + \eta) = -\sin\alpha$, folglich

$$J = \tfrac{1}{2}\left[1 + \cos^2\alpha - \sin^2\alpha \cos\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right]$$

$$= \tfrac{1}{2}\left[2 - \sin^2\alpha\left(1 + \cos\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right)\right] = 1 - \sin^2\alpha \cos^2\frac{\pi\delta}{\lambda},$$

und diese Intensität im Maximum 1, wenn $\cos^2\frac{\pi\delta}{\lambda} = 0$, oder $\frac{\delta}{\lambda} = \tfrac{1}{2},\ = \tfrac{3}{2}\ldots$, im Minimum $1 - \sin^2\alpha = \cos^2\alpha$ dagegen, wenn $\cos^2\frac{\pi\delta}{\lambda} = 1$, oder $\frac{\delta}{\lambda} = 0,\ = 1,\ = 2\ldots.$ Da gleiche Werthe von $\frac{\delta}{\lambda}$ gleichen Abständen von der Mitte des Gesichtsfeldes angehören, so entspricht daher eine Stelle mit der Intensität $\cos^2\alpha$ im ersten Sector, für welche $\frac{\delta}{\lambda} = 0,\ = 1,\ = 2\ldots$, einer in derselben Entfernung vom Mittelpunkte liegenden mit der Intensität $\cos^2\alpha$ im zweiten, für welche gleichfalls $\frac{\delta}{\lambda} = 0,\ = 1,\ = 2\ldots$, und eine Stelle mit der Intensität Null im ersten Sector, für welche $\frac{\delta}{\lambda} = \tfrac{1}{2},\ = \tfrac{3}{2}\ldots$, einer in derselben Entfernung vom Mittelpunkte liegenden mit der Intensität 1 im zweiten, für welche gleichfalls $\frac{\delta}{\lambda} = \tfrac{1}{2},\ = \tfrac{3}{2}\ldots$ Der erste Sector mufs daher dunkler als der zweite, und dieser gegen jenen verschoben erscheinen, weil in beiden zu gleichen Entfernungen

vom Mittelpunkte verschiedene Intensitäten gehören. Das für den ersten Sector Gültige wiederholt sich bei dem dritten, fünften und siebenten, und das für den zweiten Gültige bei dem vierten, sechsten und achten. Bei parallelen Spiegeln, wenn $\alpha = 0°$, werden für die Mitte des zweiten, vierten, sechsten und achten Sectors auch die Minima $1 - \sin^2\alpha = \cos^2\alpha = 1$, also eben so grofs wie die Maxima. Die Mitte dieser vier Sectoren mufs dann also im Tageslichte in vier weifse Büschel übergehen, welche die complementären zu den vier schwarzen sind, in welche die Mitte des ersten, dritten, fünften und siebenten Sectors bei gekreuzten Spiegeln übergehen mufs, weil für $\alpha = 90°$ auch die Maxima $\cos^2\alpha$ in diesen vier Sectoren eben so, wie die Minima, gleich Null werden. Die Beobachtungen entsprechen aufs vollkommenste allen diesen Resultaten der Theorie.

Erklärung der dunklen und homogenen hellen hyperbolischen Curven.

Ist die Axe parallel mit der brechenden Ebene des Krystalles, so hat man, da bei gekreuzten Spiegeln und für $\eta = 45°$ die Intensität $J = \sin^2\frac{\pi\delta}{\lambda}$, aus (9) S. 112 für die dunklen Oerter:

$$(17)\quad \frac{\delta}{\lambda} = \frac{d}{\lambda}\left[\frac{a-b}{ab} - \frac{(a-b)\sin^2 i}{2a}\left(b-(a+b)\sin^2\varpi\right)\right]$$
$$= 0,\ = 1,\ = 2,\ = 3 \ldots = m.$$

Es mufs also da, wo das Gesichtsfeld sich dunkel zeigt, der Gangunterschied der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen eine beliebige ganze Zahl betragen. Setzt man $\frac{d(a-b) - ab\lambda m}{\frac{d}{2}(a-b)b} = M$, so folgt aus (17):

$$(18)\quad \sin^2 i = \frac{M}{b-(a+b)\sin^2\varpi},$$

welcher Ausdruck der Polargleichung einer Hyperbel entspricht, deren Strahlen (Fig. 5 Taf. II.) $Cf = \sin i$ vom Mittelpunkte C ausgehen, und mit der Hauptaxe Hh den Winkel

kel $gCf = \varpi$ bilden. Denn die für rechtwinkelige Coordinaten gültige Gleichung $y^2 = \frac{B^2}{A^2}(x^2 - A^2)$ dieser Curve mit den Halbaxen A und B erhält, wenn $fg = y = \sin i \sin \varpi$, und $Cg = x = \sin i \cos \varpi$ gesetzt werden, die Form:

$$\sin^2 i = \frac{A^2 B^2}{B^2 - (A^2 + B^2)\sin^2 \varpi}.$$

Die dunklen Oerter f, die von dem über C befindlichen Auge in der Entfernung $Cf = \sin i$ von der Mitte des Gesichtsfeldes im einfallenden homogenen Lichte gesehen werden, müssen sich daher zu *Hyperbeln* zusammensetzen. Da ϖ das Azimut der Einfallsebene gegen den Hauptschnitt bedeutet (S. 108), da also für $\varpi = 0^\circ$ beide Wellensysteme, das gewöhnliche und ungewöhnliche, in dem Hauptschnitte sich fortpflanzen, und da auch für die Hauptaxe Hh der innerhalb des Winkels ACD liegenden Hyperbeln $\varpi = 0^\circ$ ist: so mufs daher diese Hauptaxe mit dem Hauptschnitte und zwar mit der optischen Axe selbst zusammenfallen, weil diese eine mit der brechenden Ebene parallele Richtung hat. Setzt man $A^2 B^2 = M$, $B^2 = b$ und $A^2 + B^2 = a + b$, so erhält man die halbe Hauptaxe $A = \sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{a}$, und die halbe Queraxe $B = \sqrt{\frac{M}{a}} = \sqrt{b}$.

In derselben Weise läfst sich auch die hyperbolische Gestalt der hellen Curven, für welche bei gekreuzten Spiegeln $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{1}{2}, = \frac{3}{2} \ldots$ in die Gleichung $J = \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$ zu setzen ist, aus (9) ableiten. Dafs dieselben hyperbolischen Curven auch für die parallele Lage der Spiegel entstehen müssen, ergiebt sich aus der für diesen Fall gültigen Gleichung (16) S. 201: $J' = 1 - \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$, aus welcher hervorgeht, dafs für die parallele Lage der Spiegel die hellen Curven sich da zeigen müssen, wo für die gekreuzte die dunklen entstehen und umgekehrt.

Aus der vollständigen Gleichung $J = \sin^2 2\eta \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$ für die gekreuzten Spiegel folgt, dafs die Intensität *überall im*

ganzen Gesichtsfelde vernichtet seyn müsse, wenn $\eta = 0^\circ$, $= 90^\circ$, $= 180^\circ$, $= 270^\circ$. Dafs sich diefs in den senkrecht gegen die Axe geschnittenen Platten anders verhält, kommt lediglich daher, weil dann der Hauptschnitt eine jede senkrecht gegen die brechende Fläche gelegte Ebene ist, der Winkel η also, den die Reflexionsebene des analysirenden Spiegels mit den Hauptschnitten des Krystalls bildet, unzählig viele Werthe hat (S. 202). In den parallel mit der Axe geschnittenen Platten aber ist der Hauptschnitt eine Ebene von bestimmter Lage, und deshalb ist hier, wie es jene Intensitätsgleichung fordert, das ganze Gesichtsfeld dunkel, wenn bei gekreuzten Spiegeln der Hauptschnitt in der Reflexionsebene des analysirenden Spiegels oder senkrecht gegen dieselbe liegt, überall hell dagegen, wenn die Spiegel für dieselben Stellungen des Hauptschnittes eine parallele Lage haben, weil dann für jene Werthe von η die Intensität $J = 1 - \sin^2 2\eta \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda} = 1$ wird. Die hellen Curven sind daher auch auf den parallel mit der Axe geschnittenen Platten für $\eta = 45^\circ$ am lebhaftesten.

Den Sinus des Winkels (Fig. 5 Taf. II.) $HCD = \beta$, des halben Asymptotenwinkels einer Hyperbel, findet man bekanntlich, wenn man ihre halbe Queraxe $B = \sqrt{b}$ durch ihre Excentricität dividirt, welche die Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate ihrer beiden Halbaxen $A^2 + B^2 = a + b$ ist. Man hat daher:

$$\sin\beta = \pm \sqrt{\frac{b}{a+b}}.$$

Der ganze Asymptotenwinkel $ACD = 2\beta$ ist also nicht für alle Krystalle gleich grofs. So ist z. B. für den Bergkrystall und alle anderen Krystalle von schwacher doppeltbrechender Kraft b beinahe $= a$, folglich $\sin\beta$ beinahe $= \pm\sqrt{\tfrac{1}{2}} = \pm \sin 45^\circ$. Für den Kalkspath dagegen ist a merklich gröfser als b, und deshalb $\pm\sqrt{\frac{b}{a+b}}$ merklich kleiner als $\pm\sqrt{\tfrac{1}{2}}$, wie diefs auch aus folgender Rechnung her-

vorgeht. Nimmt man für den Bergkrystall wieder (S. 114) $b=0{,}64698$ und $a=0{,}64317$, so ist $\sin\beta=0{,}708150=\sin 45^\circ\,5'$, der ganze Asymptotenwinkel 2β also $=90^\circ\,10'$. Für den Kalkspath aber ist $b=0{,}60203$ und $a=0{,}67226$, folglich $\sin\beta=0{,}687344=\sin 43^\circ\,25'$, und der ganze Asymptotenwinkel $2\beta=86^\circ\,50'$ oder $=180^\circ-(86^\circ\,50')=93^\circ\,10'$. Dafs man den letzteren Winkel nehmen müsse, ergiebt sich aus der Richtung der Hyperbelzweige, so weit man sie im Gesichtsfelde verfolgen kann.

Der Werth des $\sin i$ in (18) ist nur möglich, wenn entweder der Zähler und Nenner positiv, oder beide negativ sind. Im ersteren Falle mufs für negative Krystalle, für welche $a>b$, der Gangunterschied $\frac{\delta}{\lambda}=m<\frac{d(a-b)}{ab\lambda}$, und zugleich $\sin\varpi<\pm\sqrt{\frac{b}{a+b}}$, im anderen mufs $m>\frac{d(a-b)}{ab\lambda}$, und zugleich $\sin\varpi>\pm\sqrt{\frac{b}{a+b}}$ seyn. Da $\pm\sqrt{\frac{b}{a+b}}=\sin\beta$ und $\frac{d(a-b)}{ab\lambda}$ der Gangunterschied der durch die Mitte des Gesichtsfeldes gehenden Strahlen ist, weil für diese in (17) $\sin i=0$: *so gehört also zu den Hyperbeln innerhalb des Winkels ACD, wo* $\sin\varpi<\pm\sin\beta$, *ein Gangunterschied m, der kleiner ist als der Gangunterschied der durch die Mitte des Bildes gehenden Strahlen, und zu den Hyperbeln innerhalb des Winkels DCB, wo* $\sin\varpi>\pm\sin\beta$, *ein Gangunterschied m, der gröfser ist als der Gangunterschied der Strahlen in der Mitte des Gesichtsfeldes.*

Für positive Krystalle wechselt zwar der Gangunterschied $\frac{\delta}{\lambda}=m$ sein Zeichen; weil dann aber auch $b>a$, so werden eben so, wie für negative Krystalle, Zähler und Nenner in (18) positiv, wenn $m<\frac{d(a-b)}{ab\lambda}$ und zugleich $\sin\varpi<\pm\sqrt{\frac{b}{a+b}}$, und negativ, wenn $m>\frac{d(a-b)}{ab\lambda}$ und zugleich $\sin\varpi>\pm\sqrt{\frac{b}{a+b}}$.

Sollen auch nur wenige hyperbolische Curven in einer

Platte von schwacher doppeltbrechender Kraft entstehen, so mufs die Platte sehr dick genommen werden. Obgleich ich sogar eine 1,32 Par. Zoll dicke und parallel mit der Axe geschliffene Bergkrystallplatte zwischen die gekreuzten Spiegel gebracht habe, so konnte ich in jedem der vier Winkel doch nur zwei dunkle Hyperbeln erkennen, die noch dazu in dem lichtschwachen Bilde nicht mit scharfen Gränzen hervortraten. Wenn also auch ein solches Bild nicht zu Messungen gewählt werden kann, so ist doch das in einem Kalkspath von mäfsiger Dicke entstehende um so mehr hierzu geeignet. So übersehe ich in einer parallel mit der Axe geschnittenen Kalkspathplatte, die nur 0,31 Par. Zoll dick ist, bei gekreuzten Spiegeln das vollständige Bild mit sehr vielen Hyperbeln, die mit gleicher Regelmäfsigkeit in allen vier Winkeln auf einander folgen, und eben deshalb dem Auge eine Befriedigung gewähren, wie sie sonst bei homogenen Bildern nicht gewöhnlich ist.

Nimmt man wieder für den Kalkspath $a=0{,}67226$ und $b=0{,}60203$, die Wellenlänge $\lambda=0{,}0000206$ Par. Zoll und die Dicke $d=0{,}31$ Par. Zoll, so wird für die Strahlen, die in der Mitte des Gesichtsfeldes den Krystall durchdringen, und für welche in (17) $\sin i=0$, der Gangunterschied $\frac{d(a-b)}{ab\lambda}=2611{,}318$ Wellenlängen. Da es aus der Theorie der Farben dünner Blättchen bekannt ist [1]), dafs Interferenzfarben im Tageslichte nicht mehr bemerkbar seyn können, wenn der Gangunterschied der interferirenden Strahlen mehr als höchstens drei bis vier Wellenlängen der mittleren Strahlen beträgt, so kann hier, wo schon der Gangunterschied der durch die Mitte des Gesichtsfeldes gehenden Strahlen auf viele hundert Wellenlängen sich anhäuft, im Tageslichte auch nicht die entfernteste Andeutung einer Farbe sich zeigen. Nur bei einer homogenen Lichtquelle können daher die Hyperbeln sichtbar werden.

Bei der angegebenen Dicke des Kalkspaths beträgt also

1) Diese Ann. Bd. 82, S. 194.

der Gangunterschied der durch die Mitte des Gesichtsfeldes gehenden Strahlen nicht eine ganze Zahl von Wellenlängen, weshalb denn auch die Mitte des Bildes, das ich durch jene Kalkspathplatte erhielt, bei gekreuzten Spiegeln nicht dunkel, sondern hell war. Da in (17) für $\varpi = 0^{\circ}$ der Coëfficient $\frac{db(a-b)}{2a\lambda}$ von $\sin^2 i$ den Werth 473,221 hat, so wird man die in dem Hauptschnitte liegende Entfernung (Fig. 5, Taf. II.) $Ck = \sin i$ der ersten dunklen Stelle k vom Mittelpunkte C des Gesichtsfeldes durch die Gleichung:

$$2611{,}318 - 473{,}221 \sin^2 i = 2611$$

erhalten, weil im Winkel ACD der Gangunterschied der in schräger Richtung nach dem Auge gelangenden Strahlen kleiner seyn mufs, als der Gangunterschied der durch die Mitte des Bildes gehenden. Es ergiebt sich hieraus $\sin i = Ck = Ck' = \pm \sqrt{\frac{0{,}318}{473{,}221}} = \pm 0{,}02592$ Par. Zoll. In der auf dem Hauptschnitte Hh senkrechten Richtung $H'k'$ dagegen, wo $\varpi = 90^{\circ}$, der Coëfficient $\frac{d(a-b)}{2\lambda}$ von $\sin^2 i$ in $(17) = 528{,}43$, und der Gangunterschied der schrägen Strahlen gröfser ist, als der zur Mitte des Gesichtsfeldes gehörige, hat man:

$$2611{,}318 + 528{,}43 \sin^2 i = 2612,$$

und $\sin i = Cq = Cq' = \pm \sqrt{\frac{0{,}682}{528{,}43}} = \pm 0{,}03592$ Par. Zoll. Für das zweite, wieder im Hauptschnitte genommene Minimum in p, für welches der Gangunterschied um eine ganze Wellenlänge kleiner als in k ist, hat man ferner:

$$2611{,}318 - 473{,}221 \sin^2 i = 2610,$$

woraus $\sin i = Cp = Cp' = \pm \sqrt{\frac{1{,}318}{473{,}221}} = \pm 0{,}05277$ Par. Zoll u. s. w. In dieser Weise ist die folgende Tabelle berechnet:

Kalkspath.

Werthe von $\sin i$, die für $\varpi = 0°$ zu den Minimis gehören, in Pariser Zollen.

Erstes Minimum	0,02592	Fünftes Minimum	0,09552
Zweites »	0,05277	Sechstes »	0,10600
Drittes »	0,06998	Siebentes »	0,11554
Viertes »	0,08373	Achtes »	0,12435

Wurde der Krystall lothrecht gegen die Axe des Instrumentes gestellt, so ergab sich durch die Messung die Linie $Ck = 0,0220$, und die Linie $Cq = 0,0302$, die Verkleinerungszahl folglich $= \frac{0,0220}{0,0259} = 0,849$, und $= \frac{0,0302}{0,0359} = 0,841$, die mittlere Verkleinerungszahl 0,845 also eben so grofs, wie im vorigen Falle, wenn der Krystall senkrecht gegen die Axe geschnitten ist [1]). Die Producte dieser Zahl mit den vorstehenden Werthen von $\sin i$ sind in der zweiten Columne der folgenden Tabelle, und in der dritten die unmittelbar gemessenen Werthe enthalten:

1) Joh. Müller hat für die parallel mit der Axe geschnittenen Krystalle folgenden Gangunterschied (diese Ann. Bd. 33, S. 291.):

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{d}{\lambda}\left[\frac{a-b}{ab} - \frac{3(a-b)\sin^2 i}{2a}\,(a-(a+b)\sin^2\alpha)\right]$$

gefunden, wenn a und b dasselbe, wie oben, bedeuten, α aber der Winkel ist, den die Polarstrahlen $\sin i$ mit der auf dem Hauptschnitte senkrechten Ebene bilden, so dafs in Fig. 5 die Richtungen Hh und $H'h'$ mit einander vertauscht werden müfsten, wenn die Zeichen α und ϖ denselben Sinn haben sollen. Dieser Gangunterschied weicht von dem in (17) angegebenen, den auch Radicke (»Handbuch der Optik« Th. I. S. 417) und Knochenhauer (»die Undulationstheorie des Lichtes« S. 191) gefunden haben, bedeutend ab. Denn es hätte hiernach z. B. für $\alpha = 0°$ der Coëfficient $\frac{3d(a-b)}{2\lambda}$ von $\sin^2 i$ den Werth 1585,289, und es wäre daher für das erste, in der auf dem Hauptschnitte senkrechten Richtung genommene Minimum $\sin i = \pm\sqrt{\frac{0,318}{1585,289}} = \pm\, 0,01416$, für das erste, auf dem Hauptschnitte selbst genommene Minimum aber, für welches $\alpha = 90°$ und der zu $\sin^2 i$ gehörige Coëfficient $\frac{3bd(a-b)}{2a\lambda} = 1419,664$, wäre $\sin i = \pm\sqrt{\frac{0,682}{1419,664}} = \pm\, 0,02191$, die Vergröfserungszahl also in

Kalkspath.

Werthe von $\sin i$, die für $\varpi = 0°$ zu den Minimis gehören, in Pariser Zollen.

Folge der Minima.	Berechnet.	Beobachtet.	Differenzen.
Erstes Minimum	0,0219	0,0220	0,0001
Zweites »	0,0446	0,0446	0,0000
Drittes »	0,0591	0,0592	0,0001
Viertes »	0,0707	0,0708	0,0001
Fünftes »	0,0807	0,0807	0,0000
Sechstes »	0,0896	0,0896	0,0000
Siebentes »	0,0976	0,0974	0,0002
Achtes »	0,1050	0,1048	0,0002

Die Theorie und die Messungen sind also auch hier in demselben vollkommenen Einklange, wie im vorigen Falle, wenn der Krystall senkrecht gegen die Axe geschnitten ist.

Für die gleichvielten in den Richtungen Hh und $H'h'$ liegenden Minima werden die Polarstrahlen $\sin i$ um so gröfser, je kleiner man ihre Nenner $\frac{db(a-b)}{2a\lambda}$ und $\frac{d(a-b)}{2\lambda}$ nimmt. Für den Bergkrystall ist b beinahe $=a$, und $a-b$ eine sehr kleine Zahl. In diesem Krystalle können sich also selbst schon die ersten Minima nicht entwickeln, wenn nicht das Verhältnifs $\frac{d}{\lambda}$ sehr grofs gewählt, und durch die gröfseren Nenner die Werthe von $\sin i$ verkleinert werden. Diefs ist der Grund, aus dem ein Bergkrystall eine sehr bedeutende Dicke haben mufs, wenn auch nur die ersten Minima bemerkbar seyn sollen.

Erklärung der dunklen und homogenen hellen Streifen.

Ist die brechende Ebene des Krystalles unter dem Winkel von 45° gegen die Axe geschnitten, so hat man, weil

dem einen Falle $=\frac{0,0220}{0,0142}=1,549$, und in dem anderen $=\frac{0,0302}{0,0219}=1,379$, die mittlere Vergröfserungszahl folglich $=1,464$. Da sich jedoch kein Grund denken läfst, aus dem dieselbe Verkleinerung des Bildes, die sich im vorigen Falle und auch dann, wenn der Krystall unter 45° gegen die Axe geschnitten ist, aus den Messungen ergiebt, gerade in diesem in eine so bedeutende Vergröfserung übergehen soll, so kann der von Müller berechnete Gangunterschied unmöglich richtig seyn.

bei gekreuzten Spiegeln und für $\eta = 45°$ die Intensität $J = \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$, aus (11) S. 114 für die dunklen Oerter:

$$(19) \quad \frac{\delta}{\lambda} = \frac{d}{\lambda}\left[\frac{1}{b} - \sqrt{\frac{2}{{}^2+b^2}} - \frac{a^2-b^2}{a^2+b^2}\sin i \cos \varpi\right]$$

$$= 0, = 1, = 2, = 3 \ldots = m,$$

oder, wenn $\frac{d}{\lambda}\left[\frac{1}{b} - \sqrt{\frac{2}{a^2+b^2}}\right] - m = M$ gesetzt wird:

$$(20) \quad \sin i = \frac{\lambda(a^2+b^2) M \sec \varpi}{d(a^2-b^2)}.$$

Da in dieser Gleichung für einen bestimmten Werth von m nur $\sin i$ und $\sec \varpi$ veränderlich sind, so hat sie die Form der Polargleichung einer geraden Linie. Denn sieht man den constanten Factor von $\sec \varpi$ als den Halbmesser (Fig. 6 Taf. II.) Cp eines Kreises an, so sind die Werthe von $\sin i = Cf$ Secanten, die mit dem Radius Cp, in dessen Endpunkte die Tangente pf errichtet ist, den Winkel ϖ bilden. Die dunklen Oerter des Gesichtsfeldes müssen sich also zu *geraden Linien* ff''' zusammensetzen, die gegen den Hauptschnitt Hh des Krystalles senkrecht sind, weil der Hauptschnitt, für den $\varpi = 0°$ ist, in die Richtung des Radius Cp fällt, für den ϖ gleichfalls den Werth Null hat. Dafs für die parallele Lage der Spiegel eben solche dunklen und hellen Streifen entstehen müssen, folgt auch hier aus der Gleichung $J = 1 - \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$.

Aus dem schon angeführten Grunde sind auch diese Streifen im Maximum ihrer Intensität, wenn der Winkel η, den die Reflexionsebene des analysirenden Spiegels mit dem Hauptschnitte des Krystalles bildet, 45° beträgt. Auch ist hier eben so, wie im vorigen Falle, das ganze Gesichtsfeld dunkel, wenn der Hauptschnitt in die Reflexionsebene des gekreuzten analysirenden Spiegels fällt, oder senkrecht auf derselben steht; hell dagegen, wenn er dieselben Stellungen bei der parallelen Lage der Spiegel behält, weil auch hier der Hauptschnitt eine bestimmte Ebene ist (S. 210).

Damit die dunklen und hellen Streifen dem unbewaffneten Auge nicht zu undeutlich erscheinen, darf die Dicke einer unter 45° gegen die Axe geschnittenen Kalkspathplatte nicht viel gröfser als 0,02 Par. Zoll seyn. Auf einer unter 45° gegen die Axe geschnittenen Bergkrystallplatte dagegen sind die Streifen viel breiter und überall scharf begränzt, wenn die Platte auch eine mehr als zehnmal gröfsere Dicke hat, die z. B. für die meinige 0,21 Par. Zoll beträgt. Zu Messungen ist daher in diesem Falle das Bild des Bergkrystalls dem des Kalkspaths vorzuziehen.

Da für den Bergkrystall $a=0,64317$ und $b=0,64698$, so ist aus (19) für $\lambda=0,0000206$ Par. Zoll und $\sin i=0$ der Gangunterschied $\frac{d}{\lambda}\left[\frac{1}{b}-\sqrt{\frac{2}{a^2+b^2}}\right]$ der durch die Mitte C des Gesichtsfeldes gehenden Strahlen $=-46,383$ Wellenlängen, und zwar ist das Vorzeichen negativ, weil in den positiven Krystallen die gewöhnlichen Strahlen die geschwinderen sind. Dieses bedeutenden Gangunterschiedes wegen können sich im Tageslichte in den unter 45° gegen die Axe geschnittenen Platten eben so wenig farbige Streifen bilden, wie in den parallel mit der Axe geschnittenen Krystallen farbige Hyperbeln. Weil der Gangunterschied in C nicht eine ganze Zahl von Wellenlängen beträgt, so war deshalb die Mitte des Bildes, das ich durch jene Platte bei gekreuzten Spiegeln erhielt, nicht dunkel, sondern hell.

Da in (19) für $\varpi=0^\circ$ der Coëfficient $\frac{d(a^2-b^2)}{\lambda(a^2+b^2)}$ von $\sin i$ den Werth $-60,166$ hat, und da der Gangunterschied der schrägen Strahlen, wenn die Krümmungen an den Enden der Streifen die in Fig. 6 Taf. II. angedeutete Gestalt haben, aus einem sogleich zu erörternden Grunde für $\varpi=0^\circ$ kleiner und für $\varpi=180^\circ$ gröfser seyn mufs, als der Gangunterschied in C, so findet man die Entfernung der ersten, im Hauptschnitte liegenden dunklen Stelle k von der Mitte C des Gesichtsfeldes durch die Gleichung:

$$-46,383+60,166\sin i=-46,$$

und den Abstand von C bis k' auf der entgegengesetzten Seite von C durch die Gleichung:

$$-46,383-60,166 \sin i=-47,$$

woraus sich $\sin i = Ck = \frac{0,383}{60,166} = 0,00636$ Par. Zoll, und $\sin i = Ck' = \frac{0,617}{60,166} = 0,01025$ Par. Zoll ergeben.

Um die im Hauptschnitte liegende Entfernung kp zweier auf einander folgenden dunklen Stellen k und p zu finden, sey $Ck = \sin i$ und $Cp = \sin i'$. Man hat alsdann:

$$-46,383+60,166 \sin i=-46, \text{ und}$$

$$-46,383+60,166 \sin i'=-45, \text{ folglich}$$

$$\sin i' - \sin i = kp = \frac{1}{60,166} = 0,01662 \text{ Par. Zoll.}$$

Da diese Entfernung der umgekehrte Werth von $\frac{d(a^2-b^2)}{\lambda(a^2+b^2)}$ d. h. $\frac{\lambda(a^2+b^2)}{d(a^2-b^2)}$, mithin constant ist, so müssen alle dunklen Streifen *in gleichen Abständen* auf einander folgen, und um so weiter von einander entfernt seyn, je kleiner die Dicke d der Platte und je kleiner die Differenz a^2-b^2 ist. Auf Krystallen von schwacher doppeltbrechender Kraft, wie auf dem Bergkrystall, mufs daher in Uebereinstimmung mit den vorhin erwähnten Beobachtungen die Breite der Streifen viel gröfser seyn, als auf dem Kalkspath von derselben Dicke. Der Abstand der dunklen Stellen k und p auf der Bergkrystallplatte, deren Dicke von 0,21 Par. Zollen diesen Rechnungen zum Grunde liegt, ergab sich durch die Messung $=0,0140$ Par. Zoll, so dafs hier die Verkleinerungszahl $\frac{0,0140}{0,0166}=0,843$, also wieder eben so grofs ist, wie in den beiden vorigen Fällen. Eben diese Entfernung von 0,0140 Par. Zollen habe ich für jede zwei andere, im Hauptschnitte zunächst auf einander folgende Minima gefunden.

Die Frage, wie sich die Gangunterschiede der schrägen Strahlen gegen den in der Mitte C des Gesichtsfeldes verhalten, läfst sich zwar nicht aus (19), wohl aber aus einer

Eigenschaft dieser Streifen entscheiden, die bei den Beobachtungen in sehr merklicher Weise in die Augen fällt. Die Streifen sind nämlich nur für kleinere Werthe von i und ϖ gerade, an ihren Enden aber, wo i und ϖ gröfser werden, gehen sie in Krümmungen über, die überall im ganzen Gesichtsfelde entweder mit nach unten gekehrten convexen Seiten die in Fig. 6 Taf. II. angegebene, oder auch, wenn man den Hauptschnitt Hh um 180° gedreht hat, eine umgekehrte Lage haben. Diese Gestalten der Krümmungen sind es, die zur Entscheidung jener Frage führen.

Dafs man den Gangunterschied der schrägen Strahlen nicht zugleich auf beiden Seiten der auf dem Hauptschnitte Hh senkrechten Richtung $H'k'$ entweder kleiner oder gröfser als den in C nehmen dürfe, ergiebt sich sogleich, wenn man die nach dieser Annahme berechneten Werthe von $\sin i$ mit den beobachteten vergleicht. Nähme man z. B. für $\varpi = 0^{\circ}$ den Gangunterschied in k, und zugleich für $\varpi = 180^{\circ}$ den in k' kleiner als den Gangunterschied in C, so fände man $\sin i = Ck = 0{,}00636$, und $\sin i = Ck' = -0{,}00636$, folglich im Widerspruche mit den Beobachtungen $kk' = 0{,}01272$ viel kleiner als $kp = 0{,}01662$. Wollte man aber den Gangunterschied in k und k' gröfser als den in C voraussetzen, so würde man $kk' = 0{,}02050$, also viel gröfser als kp erhalten. Es bleibt daher nur übrig, den Gangunterschied der schrägen Strahlen entweder auf der linken Seite von $H'k'$ kleiner, und auf der rechten gröfser, als den in C, oder umgekehrt zu nehmen.

Wird z. B. für das zweite Minimum in p und für $\varpi = pCf = 60^{\circ}$ der Gangunterschied der schrägen Strahlen kleiner als der in C vorausgesetzt, so ist aus (19):

$$-46{,}383 + 60{,}166 \cos 60^{\circ} \sin i = -45,$$

und $\sin i = Cf = Cf''' = 0{,}04597$. Für diesen Werth von ϖ wird aber der Einfallswinkel i an der Stelle f viel gröfser, als er an der Stelle p und in ihrer Nähe ist, so dafs man das in (10) S. 113 berechnete erste Glied:

$\frac{d \sin^2 i}{\lambda}\left[\sqrt{\frac{a^2+b^2}{2}}-b\right] = -19,3689 \sin^2 i = -0,04093,$

welches in (19) fehlt, nicht mehr fortlassen darf. Der genauere Werth von $\sin i$ mufs daher nach (10) durch die Gleichung:

$$-0,04093 - 46,383 + 60,166 \cos 60^\circ \sin i = -45$$

bestimmt werden, aus der sich $\sin i = Cg = Cg''' = 0,04733$, in Uebereinstimmung mit den beobachteten Krümmungen also $Cg > Cf$ ergiebt. Auf der anderen Seite von $H'h'$, wo der Gangunterschied der schrägen Strahlen gröfser als der in C ist, erhält man in derselben Weise $\sin i = Cf' = Cf'' = 0,05375$, und $\sin i = Cg' = Cg'' = 0,05188$, also wieder im Einklange mit den Beobachtungen $Cg' < Cf'$. Nimmt man aber in den Winkeln HCH' und HCh' den Gangunterschied der schrägen Strahlen gröfser als den in C, so findet man, wenn derselbe Werth von ϖ beibehalten wird, $\sin i = Cf = Cf''' = -0,05374$, und $\sin i = Cg = Cg''' = -0,05188$, folglich $Cg < Cf$, ferner $\sin i = Cf' = Cf'' = -0,04597$, und $\sin i = Cg' = Cg'' = -0,04733$, mithin $Cg' > Cf'$. Die Krümmungen haben dann also in durchgängiger Uebereinstimmung mit den Beobachtungen eine umgekehrte Lage, die auch durch die entgegengesetzten Vorzeichen von $\sin i$ angedeutet wird. Man übersieht leicht, wie diese für eine bestimmte positive Platte berechneten Werthe von $\sin i$ für jeden anderen positiven Krystall, wenn das erste Glied aus (10) in die Rechnung aufgenommen wird, sich eben so verhalten müssen, und hat daher, weil auch auf dem Kalkspath, für den alle Gangunterschiede positiv sind, sich eben solche Krümmungen zeigen, deren Grund ganz in derselben Weise in den Gleichungen (19) und (10) gefunden wird, folgendes Gesetz: *Haben die Krümmungen an den Enden der Streifen die in Fig. 6 angegebene Gestalt mit abwärts gekehrten convexen Seiten, so sind in allen Krystallen, sie mögen positiv oder negativ seyn, die Gangunterschiede der schrägen Strahlen in den Winkeln HCH' und HCh' kleiner, und in ihren Verticalwinkeln grö-*

fser, als der Gangunterschied in der Mitte G des Bildes; haben aber die Krümmungen eine umgekehrte Gestalt, so ist auch das Verhältnifs der Gangunterschiede ein umgekehrtes [1]).

Erklärung der Farben dünner Krystallblättchen.

In der hier entwickelten Theorie ist zugleich auch die Erklärung der Farben enthalten, die sich in sehr dünnen krystallisirten Blättchen, wie namentlich in den Glimmer- und Gipsblättchen entwickeln, wenn man sie zwischen die Spiegel eines Polarisationsapparates gebracht hat. In dem negativen zweiaxigen Glimmer, in welchem die durch die beiden Axen gehende Ebene lothrecht auf den natürlichen Spaltungsflächen ist [2]), wird eben diese Ebene der Hauptschnitt genannt werden müssen. In dem gleichfalls zweiaxigen krystallisirten Gipse aber, der zu den positiven Krystallen gehört, liegen die beiden Axen in den natürlichen Spaltungsflächen [3]); hier also wird die Ebene, die senkrecht gegen die Spaltungsflächen durch die Mittellinie der beiden Axen geht, der Hauptschnitt zu nennen seyn.

In beiden Krystallblättchen vereinigen sich zwei Ursachen, die es bewirken, dafs die Farbencurven sehr breit werden. Einmal ist es die geringe Dicke der Blättchen (Seite 203), und dann ihre schwache doppeltbrechende Kraft, der geringe Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten der beiden senkrecht auf einander polarisirten Strahlen, in welche sich ein einfallender in diesen Blättchen spaltet. Je geringer aber dieser Unterschied ist, desto gröfser müssen die Wege der Strahlen in den Blättchen werden, in desto schieferer Richtung müssen sie also auch

1) Meines Wissens ist diefs Gesetz bis jetzt noch nicht bekannt gewesen, obgleich ohne die Kenntnifs desselben hier überall keine Rechnung möglich ist. Auch die verschiedenen Gestalten der an den Enden der Streifen sich zeigenden Krümmungen habe ich noch nicht erklärt gefunden.

2) Herschel »Vom Lichte« S. 484 in der Uebersetzung von Schmidt.

3) Diese Ann. Bd. 12, S. 231.

nach dem Auge gelangen, damit ihr Gangunterschied z. B. um eine halbe Wellenlänge zu- oder abnehme, eine Aenderung des Gangunterschiedes, wie sie zum Wechsel in der Intensität der Curven erfordert wird.

Der beträchtlichen Breite wegen, die im senkrecht einfallenden Lichte jede Curve auf diesen Blättchen hat, kann das Gesichtsfeld, welche Lage man auch dem Hauptschnitte gegen die Reflexionsebenen der Spiegel geben mag, überall nur dunkel oder hell seyn, nicht aber eine stätige Folge von dunklen und hellen Curven zeigen. Eben so ist im senkrecht einfallenden Tageslichte das Gesichtsfeld überall dunkel, wenn bei gekreuzten Spiegeln der Hauptschnitt in der Reflexionsebene des analysirenden Spiegels, oder senkrecht gegen dieselbe liegt; überall hell dagegen, wenn er bei parallelen Spiegeln dieselben Stellungen erhält, weil er auch in diesen Blättchen eine bestimmte Lage hat. Wird aber der Hauptschnitt des Blättchens in jede andere Stellung gegen die Reflexionsebene des analysirenden Spiegels gebracht, so zeigt sich im Tageslichte das Gesichtsfeld jedesmal farbig, und zwar bei überall gleicher Dicke des Blättchens in überall gleicher Farbe, weil die Intensitäten $J = \sin^2 2\eta \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$ und $J' = 1 - \sin^2 2\eta \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$ auch von den Wellenlängen abhängen, bei der Dicke also, bei welcher z. B. Gelb nicht entstehen kann, deshalb nicht auch das complementäre Violett verschwinden mufs. Die Farben sind hier eben so, wie in allen vorigen Fällen, für $\eta = 45^\circ$ am lebhaftesten.

Man ersieht auch aus dieser Abhandlung, wie sicher die Undulationstheorie durch das ganze Gebiet der Farbenerscheinungen leitet, indem sie nicht blofs die Grundformen der im polarisirten Lichte aus den Krystallen sich entwickelnden Farbenlinien, sondern auch die beobachteten Abweichungen von diesen Grundformen aus dem Principe der Interferenzen eben so untrüglich und in ähnlicher Weise erklärt, wie die Gravitationstheorie nicht blofs die

Grundformen der von den Weltkörpern beschriebenen Bahnen, sondern auch die Gröfse der Störungen, die diese Bahnen erleiden müssen, aus dem Principe der gegenseitigen Anziehung der Massen bestimmt.

III. *Das verbesserte Interferenzoskop und die Darstellung der Interferenzfiguren und stehenden Gebilde feiner regelmäfsiger Wellensysteme tropfbarer Flüssigkeiten. Erweiterung der Versuche durch eine neue Beobachtungsmethode der primären Wellenbewegung; von Dr. Adolph Poppe.*

Eine Beschreibung meines Interferenzoskops in seiner ursprünglichen Beschaffenheit, und des ihm zu Grunde liegenden Princips ist bereits im 79. Bande der Annalen der Physik und Chemie S. 437 erschienen. Seit jener Zeit ist es mir jedoch in Folge fortgesetzter Versuche und Beobachtungen nicht nur gelungen, den Apparat wesentlich zu verbessern, sondern ich war auch so glücklich, eine Methode aufzufinden, die Bewegungen der directen oder primären Wellensysteme, so fein und rasch sie auch seyn mögen, in allen Phasen ihrer gegenseitigen Durchkreuzung und Einwirkung bequem zu beobachten und mit den Augen zu verfolgen, ja das getreue Abbild derselben rein objectiv und zwar unbeweglich oder langsam fortschreitend auf eine transparente Fläche zu projiciren.

Ein wesentlicher Vortheil der neueren Einrichtung besteht zuvörderst darin, dafs die Undulationen nicht wie früher von der Anzahl der schrägen Zähne und der Umdrehunsgeschwindigkeit des Rades *f* Fig. 17 Taf. III. Bd. 79, sondern lediglich von den *isochronischen* Schwingungen elastischer Drähte abhängig sind, wodurch ein feiner höchst

regelmäfsiger Wellenschlag und in Folge *dieses* eine reinere Interferenz entsteht. Das jedesmalige Einfallen des Hebelhakens in die Zähne des Rades erschüttert nämlich ganz einfach den in die Axe eingespannten Draht und macht ihn vibriren. Dabei läfst sich die Drehung des Rades leicht so reguliren, dafs der Hebel einfällt, bevor die durch sein unmittelbar vorhergehendes Einfallen erzeugten Oscillationen des Drahtes aufgehört haben. Die Axe selbst ist nicht, wie bei dem früheren Apparate, unter Wasser, sondern zweckmäfsiger und zur gröfseren Bequemlichkeit oberhalb der Wasserfläche angeordnet. Auch von dem Verfahren die Sonnenstrahlen möglichst schief einfallen zu lassen, bin ich zurückgekommen, indem es sich gezeigt hat, dafs die Phänomene gerade um so schärfer und bestimmter hervortreten, je steiler man das Licht einfallen läfst. Der Spiegel *B* ist daher entbehrlich. Eine weitere Vervollkommnung welche zur Erhöhung der Reinheit der Erscheinung, sowie zur Bequemlichkeit der Handhabung des Apparates und zur Erleichterung der Beobachtungen wesentlich beiträgt, besteht in der Anbringung eines Uhrwerks mit starker Feder, wodurch das schräg gezahnte Rad eine aus freier Hand nicht erreichbare gleichmäfsige Drehung erhält. Die Stellung des Apparats auf drei Adjustirschrauben, anstatt der früheren Füfse, hat sich als sehr zweckmäfsig bewährt, indem man dadurch in den Stand gesetzt ist, die schwingenden Polygone auf das Genaueste ins Niveau zu bringen. Ich habe es ferner zweckmäfsig gefunden, die zur Auffangung der Interferenzbilder dienliche mattgeschliffene Glastafel durch eine gewöhnliche durchsichtige Glasscheibe zu ersetzen, die mit einem Blatte feinen durch ein Messingrähmchen beschwerten Postpapiers bedeckt wird, wenn man die Lichtstrahlen von oben einfallen läfst, um die Interferenzfiguren *im Spiegel* zu betrachten. Will man jedoch die letzteren *über Wasser* auffangen, so nimmt man das Papier ab und leitet das Licht zuerst auf den Spiegel, der es durch die Glasscheibe ins Wasser reflectirt. Die Figuren erscheinen alsdann oberhalb der Wasserfläche transparent

auf

auf einem mit dünnem Postpapier überzogenen Rahmen, der sich in die gehörige Focaldistanz stellen läfst, und können nun recht bequem beobachtet werden.

Was die mit Hülfe des Apparats zu erzeugenden mannigfaltigen Interferenzbilder oder stehenden Wellenfiguren anbelangt, so beschränke ich mich darauf, aufser den früher bereits gegebenen Andeutungen, hier noch einige der interessanteren Versuche zu erwähnen. Zwei gegen einander geneigte gerade Schienen geben als Interferenzfigur eine Reihe gleich weit von einander abstehender gerader Lichtlinien, welche derjenigen Linie parallel sind, die den von beiden Schienen eingeschlossenen Winkel halbirt. Dieser Versuch erinnert sogleich an die Interferenzstreifen des Fresnel'schen Spiegelversuchs und kann als Veranschaulichungsmittel desselben dienen. Die Wellenfiguren, welche man innerhalb des Schattens oscillirender Polygone auf dem transparenten Grunde projicirt erblickt, zeigen eine gewisse Analogie mit den Klangfiguren. Bei dem Quadrate erblickt man ein Gitter von Quadraten, bei dem gleichseitigen Dreiecke ein Netz von Dreiecken, bei dem regulären Sechseck ein Netz bienenzellenartig an einander gereiheter regulärer Sechsecke, deren jedes in seiner geometrischen Mitte einen Brennpunkt enthält. Eigenthümlich ist die Interferenzfigur des regelmäfsigen Achteckes. In der Mitte des Polygonschattens bemerkt man nämlich einen hellen Punkt, der von einem Brennkreise umgeben ist; dieser Kreis wird von einem regelmäfsigen Achteck umschlossen, welches eine solche Stellung hat, dafs die durch seine Ecken gezogenen Radien die Seiten des vibrirenden Polygons halbiren. Jede Seite dieses Achteckes bildet die Basis eines minder deutlichen Fünfeckes; sämmtliche acht Fünfecke endlich sind von einem System paralleler Schlangenlinien umgeben. Sehr zusammengesetzt, aber eigenthümlich und interessant ist die stehende Wellenfigur der Ellipse.

Nachdem ich dahin gelangt war, durch mein Interferenzoskop die Interferenzen der feinsten Undulationen optisch

bequem darzustellen, und zugleich die Befriedigung hatte, den Vorgang der Lichtinterferenzen in einem anderen Medium anschaulich vergegenwärtigt zu sehen, blieb mir nur noch eins zu wünschen übrig. Es ist nämlich einleuchtend, dafs bei einer so feinen und raschen Vibration die primären, d. h. die von den Erregungsstellen direct ausgehenden, Wellen, wegen der Unfähigkeit unserer Netzhaut, den Eindruck einer so rasch vorübergehenden Erscheinung in ihren Einzelheiten aufzunehmen und zum Bewufstseyn zu bringen, dafs, sage ich, die primären Wellen nicht sichtbar sind. Der Wunsch, auch diese sichtbar zu machen, um den Vorgang der Wellendurchkreuzung bequem mit den Augen verfolgen zu können, leitete mich auf den Gedanken, den Lichteindruck der fortschreitenden Wellensysteme dadurch auf der Netzhaut zu fixiren, dafs ich zwischen das Auge und den Spiegel eine kreisrunde Scheibe brachte, sie mit 12 von der Peripherie bis gegen die Mitte sich erstreckenden radialen Einschnitten versah und in Rotation setzte. Das Resultat entsprach vollkommen meinen Erwartungen, ja übertraf sie, indem ich eine solche Bestimmtheit und Klarheit der Erscheinung, die bei Sonnenbeleuchtung besonders befriedigend hervortritt, nicht erwartet hätte. Ich will den Effect dieses neuen Versuchs an einem einfachen Beispiele erläutern. Man denke sich die Spitzen zweier an die Zinken einer Stimmgabel in der Richtung ihrer Länge befestigter Nähnadeln seyen senkrecht in die Oberfläche des Wassers getaucht und die Stimmgabel werde nun in Schwingung gesetzt, so wird man *ohne* rotirende Scheibe die bekannten Hyperbeln in regelrechter Gruppirung zwischen den Schattenpunkten beider Nadelspitzen transparent im Spiegel erblicken, während die von den Spitzen ausgehenden feinen Kreiswellen unsichtbar sind. Bringt man aber zwischen die Interferenzfigur und das Auge jene Scheibe, so sieht man bei einer bestimmten Rotationsgeschwindigkeit der letzteren jede der Nadelspitzen von einer Menge feiner, concentrischer, gleichweit von einander abstehender und unbeweglicher Licht-

kreise umgeben. Die ganze Erscheinung liegt alsdann in einer Weise vor Augen, wie sie sich in der Wirklichkeit darstellen müfste, wenn beide Wellensysteme in irgend einem Momente ihrer gegenseitigen Durchkzeuzung plötzlich erstarren würden. Die Interferenzcurven sind verschwunden und in lauter helle die Durchkreuzungsstellen beider Wellensysteme bezeichnende Punkte aufgelöst, welche man bei verminderter Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe in hyperbolische Bahnen von der Mitte aus nach beiden Seiten fortrücken sieht, während die Kreise langsam und gleichmäfsig sich ausbreiten. Bei schnellerer Umdrehung sieht man sämmtliche Wellenkreise scheinbar von Aufsen gegen ihre Mittelpunkte zurückschreiten. Bringt man die unteren Enden der Stimmgabel selbst unter Wasser, setzt sie durch Anklopfen mit einem Korkhammer in Vibration, und regulirt die Geschwindigkeit der Scheibe so, dafs die äufserst feinen Wellen von den Erregungsstellen aus langsam fortzuschreiten oder ganz still zu stehen scheinen, so sieht man die zahllosen sich kreuzenden und interferirenden primären Wellenkreise in gewissen Richtungen von leeren wellenlosen Streifen strahlenförmig wie durchschnitten. Höchst interessant ist ferner die Beobachtung der stehenden Wellenfiguren bei vibrirenden Polygonen durch die Einschnitte der rotirenden Scheibe. Da uns durch die letztere das Mittel zu Gebote steht, jede Bewegung der Wellen scheinbar zu verlangsamen, so läfst sich bei stehenden Oscillationen, selbst wenn deren mehrere Hunderte in 1 Sekunde erfolgen, die Verwandlung der Wellenberge in Wellenthäler, und umgekehrt, mit den Augen verfolgen. Sehen wir daher ohne Scheibe bei dem regulären Sechsecke ein System an einander gereiheter regulärer Sechsecke, mit Brennpunkten in ihren Mitten, so erblicken wir durch die Scheibe abwechselnd zuerst ein spitzentüllähnliches Gewebe von Sechsecken *ohne Brennpunkte,* dann eine regelmäfsige Gruppirung von Brennpunkten *ohne Sechsecke,* zwei ungleichzeitige Phänomene, welche

ohne Scheibe durch den Lichteindruck im Auge zu einem einzigen gleichzeitigen vereinigt erscheinen.

Leitet man, während irgend eine Figur an der Axe schwingt, das Licht auf dem umgekehrten Wege zuerst durch die rotirende Scheibe auf den Spiegel und von diesem durch das Wasser auf den transparenten Papierrahmen, so projicirt sich das ganze Phänomen der primären Wellenbewegung rein objectiv auf das Papier, und wir sehen alsdann die stehenden Wellengebilde in wachsender Gestaltung, bald als Berg, bald als Thal, unmittelbar vor unseren Augen auf der Papierfläche sich entfalten.

Das beste Beleuchtungsmittel für die Versuche mit dem Interferenzoskop ist unstreig das directe Sonnenlicht. Uebrigens kann man sich auch mit recht gutem Erfolge einer hellen Gasflamme oder einer Lampe mit intensivem Lichte, aber nicht zu breiter Flamme bedienen. Die Anstellung der Versuche erfordert eine gewisse Sorgfallt und Uebung indem die Reinheit der Interferenzbilder von mancherlei Umständen abhängt. Zur Notiz der Experimentatoren will ich die Hauptversuche unter Angabe der Behandlungsweise des Apparates in einer gedrängten Uebersicht zusammenstellen. Sie lassen sich in vier Kathegorien theilen.

1) *Beleuchtung von oben. Darstellung der Interferenzgebilde auf dem transparenten Boden des Wasserbehälters und Beobachtung derselben in dem unter* 45° *geneigten Spiegel.* Bevor man den Behälter füllt, zieht man ein Blatt feinen Briefpapiers, etwas gröfser als die eingekittete Glasscheibe, durch das Wasser, legt es glatt auf die Glasscheibe und beschwert es mit dem Metallrahmen; dann füllt man den Behälter ungefähr 2½ Zoll hoch mit Wasser, befestigt den schwingenden Gegenstand an die Axe, und adjustirt ihn. Nachdem man ihn mittelst Handhabung der drei Justirschrauben, welche den Fufs des Apparates bilden, genau ins Niveau gebracht, giefst man so lange Wasser zu, bis die Figur vollständig untergetaucht ist, und setzt den Mechanismus in Gang. Von der richtigen Adjustirung und Untertauchung des eingespannten Gegenstandes hängt der

Erfolg zum grofsen Theil ab. Steht das Wasser zu hoch über demselben, so läfst man es langsam durch den Hahn ab bis das Abbild des Interferenzphänomens deutlich zum Vorschein kommt; dieses ist der Fall, wenn das Wasser gleichmäfsig ungefähr noch 1 Linie über der oberen Kante des vibrirenden Objectes steht.

2) *Beleuchtung von oben. Beobachtung der primären oder ursprünglichen Wellensysteme und stehenden Wellenfiguren durch die Einschnitte der rotirenden (stroboskopischen) Scheibe.* Man befestigt die mit 12 ungefähr 4 Zoll langen radialen Einschnitten versehene Scheibe an eine vor dem Spiegel gelagerte Axe, welche von dem Uhrwerk des Wellenerregungs-Apparates ihre Bewegung erhält, deren Geschwindigkeit jedoch unabhängig von diesem regulirt werden kann. Sobald die Scheibe in Umdrehung gesetzt wird, erblickt man durch den von ihren Einschnitten beschriebenen bedeutenden Flächenraume im Spiegel die directen oder primären Wellengebilde und zwar, je nach der Geschwindigkeit der Scheibe, entweder unbeweglich oder langsam vor- oder zurückschreitend. Man stellt, um von dem Einfachen zum Zusammengesetzteren überzugehen, den Versuch am zweckmäfsigsten zuerst mit einem einzelnen ins Wasser tauchenden Drahte an, dann mit zwei Drähten, deren Kreise sich schneiden, dann mit der Stimmgabel, mit den gegen einander geneigten Schienen, und geht endlich auf die Polygone über. Zur Befestigung und Adjustirung der Stimmgabel ist eine einfache Vorrichtung dem Apparate beigefügt.

3) *Beleuchtung von unten. Auffangung der Interferenzfiguren auf einem Papierrahmen oberhalb des Wassers und Beobachtung derselben von oben.* Man nimmt das Papier von der eingekitteten Glasscheibe ab, leitet das Licht in horizontaler Richtung auf den unter 45° geneigten Spiegel und applicirt den Papierrahmen in geeigneter Focaldistanz über dem Wasser.

4) *Beleuchtung von unten. Projection der primären Wellensysteme und stehenden Wellenfiguren als objectives trans-*

parentes Gebilde auf dem Papierrahmen. Man läfst die Anordnung wie in No. 3, befestigt die stroboskopische Scheibe an die Axe, läfst die Lichtstrahlen durch die radialen Einschnitte auf den Spiegel fallen und regulirt die Geschwindigkeit der Scheibe so lange, bis das Phänomen als unbewegliches oder langsam fortschreitendes Bild klar vor Augen liegt.

Ich erwähne schliefslich, dafs Hr. Mechanikus Fritz in Frankfurt a. M. Bestellungen auf das mit der neueren Einrichtung ausgestattete Interferenzoskop annimmt und besorgt. In seiner mechanischen Werkstätte, die ich bestens empfehlen kann, ist bereits eine Anzahl dieser Apparate für Universitäten und polytechnische Lehranstalten ausgeführt worden.

Frankfurt a. M., den 26. November 1852.

IV. *Beschreibung und Theorie eines neuen Galvanometers, womit man schwache sowohl als starke galvanische Ströme absolut messen kann; von Dr. Lamont.*

Die Construction galvanischer Registrirungs-Apparate und ähnlicher Vorrichtungen, wie sie zum astronomischen Gebrauche jetzt mit so ausgezeichnetem Erfolge angewendet werden, gab mir zuerst Gelegenheit mich mit der Herstellung zweckmäfsiger Elektromagnete zu beschäftigen, und veranlafste mich die Gesetze der Magnetisirung des weichen Eisens durch den galvanischen Strom genauer zu erforschen [1]).

1) Es wird vielleicht nicht unzweckmäfsig seyn, wenn ich vorläufig hier einiges über die von mir erhaltenen Resultate erwähne. Was zuvörderst die Gesetze der Magnetisirung des weichen Eisens durch den galvanischen Strom betrifft, so habe ich Gesetze gefunden, die fast durchgän-

Später setzte ich die Untersuchung weiter fort als es vom Anfange meine Absicht war, weil ich mancherlei zum

gig mehr oder weniger von den gewöhnlich angenommenen abweichen. Diefs läfst sich auch leicht erklären. Bei den bisher unternommenen Versuchen lag meistens der specielle Zweck zu Grunde, den galvanischen Strom als bewegende Kraft zu benutzen, und deshalb blieben die Dimensionen und Verhältnisse in den für solchen Zweck brauchbaren Gränzen eingeschlossen; so kam es denn auch, dafs die Gesetze zum Theil einen andern Ausdruck erhielten, als sie erhalten haben würden, wenn *sehr verschiedene* Dimensionen und *extreme* Verhältnisse angewendet worden wären. Um nur einiges zu erwähnen, bemerke ich beispielsweise, dafs man allerdings unter gewöhnlichen Umständen den Effect der Zahl der Windungen proportional setzen kann, dieser Satz aber keineswegs allgemeine Gültigkeit hat, weil eine Windung in der Mitte ein ganz anderes Moment hervorruft, als eine Windung nahe am Ende. Ferner kann man unter gewissen Umständen die Weite (den Durchmesser) der Windungen als gleichgültig betrachten, während streng genommen die Magnetisirung mit der Weite der Umwindungen sehr beträchtlich und nach einem bestimmten Gesetze abnimmt. Auch habe ich Gelegenheit gefunden einige besondere Verhältnisse näher zu untersuchen, welche für die Theorie nicht ohne Interesse sind. So wird allgemein angenommen, dafs, wenn man eine Spirale in einen *hohlen* Eisencylinder bringt, so dafs also das Eisen die Spirale umgiebt, eine Magnetisirung des Eisens nicht stattfinde, eine Thatsache, wofür es schwer seyn möchte, eine theoretische Erklärung zu geben. Bei geeigneter Einrichtung des Versuches habe ich aber sogleich gefunden, dafs allerdings das Eisen magnetisirt wird, und zwar die beobachtete Wirkung der Spirale in diesem Falle der Theorie sich sehr wohl anschliefst. Man wird auch, wenn ich später die Einrichtung des Experiments näher erkläre, ohne Mühe einsehen, warum bei der gewöhnlichen Beobachtungsweise der Magnetismus des Cylinders so leicht übersehen werden kann.

Was die Art und Weise betrifft, in welcher ich das in dem Eisen erregte magnetische Moment gemessen habe, so bediente ich mich durchgängig der Deflexions-Methode. Die Ablenkung, die ein magnetischer Körper an einer kleinen freischwebenden Nadel hervorbringt, ist eine ganz präcise, durch einen analytischen Ausdruck vollständig darzustellende Gröfse, und eignet sich demnach zur Begründung einer Theorie weit mehr, als die Anziehung wie sie durch meine magnetische Waage oder durch das Anhängen eines gewöhnlichen Ankers gemessen wird. Die Ablenkungen werden an einem eigenen Ablenkungs-Apparate beobachtet, der so construirt ist, dafs der Strom, der durch die Magnetisirungs-Spirale geht, weiterhin einen unter der Nadel und mit derselben

Theil sehr präcise Verhältnisse wahrnahm, die nicht unwahrscheinlich mit der Zeit benutzt werden können, um die absolute Inclination und Intensität des Erdmagnetismus leichter, als es durch die gegenwärtig bekannten Mittel ist, zu bestimmen.

Bei diesen Arbeiten begegnete ich zunächst dem Uebelstande, dafs die gewöhnlichen Galvanometer, auch wenn sie sonst mit aller Genauigkeit und Sorgfalt gearbeitet sind, an und für sich nur relative Bestimmungen liefern, und selbst für relative Bestimmungen nur innerhalb gewisser Gränzen angewendet werden können. Ein Galvanometer, welches zur Messung schwacher Ströme brauchbar ist, leistet keine Dienste mehr, sobald der Strom so stark wird, dafs die Nadel der Gränze der Scala sich nähert: und ein unempfindliches Galvanometer läfst sich zwar für starke Ströme anwenden, giebt aber für schwache Ströme einen so geringen Ausschlag, dafs der Beobachtungsfehler zu beträchtlich wird.

Diese Verhältnisse veranlafsten mich, für meine Versuche mir ein neues Galvanometer zu construiren, welches in Fig. 1 Taf. III. dargestellt ist.

Der Magnet *m*, der eine Länge von ungefähr 6 Lin. hat, trägt den Spiegel *s* von 6 Lin. Durchmesser und hängt an einem einfachen Coconfaden, der sich in dem Rohre *R* befindet. Mittelst des kleinen Fernrohrs *F* sieht man im Spiegel *s* das Bild der Glas-Scale *ab* und kann die Theilstriche ablesen; die Beleuchtung der Scale geschieht durch den Spiegel *S*. Die beiden Röhren *AB*, *A'B'* stehen senkrecht auf dem magnetischen Meridian, ihre Axen liegen in einer geraden Linie, welche durch die Mitte des Meridians *m* geht. Auf den Röhren *AB*, *A'B'* lassen sich die beiden gleich grofsen Messingscheiben *C*, *C'* hin- und herschieben; eine

parallel gespannten Draht durchläuft. Der Draht lenkt die Nadel ab, und es ist die Einrichtung getroffen, dafs wenn der Eisenkern eine *östliche* Ablenkung hervorbringt, der Draht *westlich* ablenkt, die Nadel mithin die *Differenz* der beiden Ablenkungen angiebt. Der Draht kann, nach Bedürfnifs, der Nadel näher gebracht oder weiter davon entfernt werden.

Scaleneintheilung befindet sich auf den Röhren, wonach man die Entfernung der Scheiben von dem Magnete m ablesen kann.

. Um die Peripherie der Scheibe C geht ein isolirter Draht, dessen beide Enden h, i unten heraustreten und mit zwei durch Papier und Siegellak von einander isolirten Messing-Schienen pq, $p'q'$ in Berührung stehen. Es wird durch eine unten angebrachte Feder bewirkt, dafs beim Hin- und Herschieben der Rolle diese Berührung immer und zwar mit gleichem Drucke stattfindet. Von den Enden der Schienen gehen zwei isolirte Drähte neben einander herab bis f und hinüber bis g; der eine Draht gf' leitet alsdann den Strom zu der Rolle C', der andere ed geht zu dem Kupferpol der Batterie. Bei der Rolle C' sind ganz dieselben Einrichtungen getroffen wie bei C mit dem Unterschiede, dafs der Strom in entgegengesetzter Richtung die Scheibe umkreist, mithin beide Kreisströme mit der Summe ihrer Momente die Nadel nach derselben Richtung aus den magnetischen Meridian abzulenken suchen, während der horizontale Erdmagnetismus dieselbe in den Meridian zurückzieht. Wir wollen nun das Verhältnifs zwischen der Intensität der um die Scheiben C, C' gehenden Kreisströme und der Ablenkung bestimmen.

Es sey g die Intensität des Stromes, r' der Halbmesser des Kreises, φ der Winkel zwischen dem horizontal nach Norden gehenden und dem zu dem Element $r'd\varphi$ gezogenen Halbmesser, dm ein Element des Magnets, in der Entfernung x von dessen Mitte (positiv nach Norden gerechnet) ψ der Ablenkungswinkel, ϱ' die Entfernung des Strom-Elements $gr'd\varphi$ und des magnetischen Elements dm; ferner setze man

$$e'^2+r'^2=f'^2 \quad \varrho'^2=f'^2+x^2-2e'x\sin\psi-2r'x\cos\psi\cos\varphi$$

$$\int\frac{gr'xd\varphi}{\varrho'^3}(r'\cos\psi-e'\sin\psi\cos\varphi-x\cos 2\psi\cos\varphi)=V'$$

so ergiebt sich

$$X\sin\psi\int x\,dm=\int V'dm.$$

Werden für die zweite Scheibe die Gröfsen f, e, r, V mit zwei Accenten bezeichnet, und setzt man das von der Drahtleitung ausgeübte, immer sehr geringe, Drehungsmoment $=k\int x\,dm$, so hat man für die gleichzeitige Wirkung beider Kreisströme und der Drahtleitung die Gleichung

$$X \sin\psi \int x\,dm = \int (V' + V'')\,dm + k\int x\,dm.$$

Der oben beschriebenen Construction des Galvometers zufolge wird ψ nicht über 3° gehen, also $\sin\psi$ eine kleine Gröfse seyn; ferner wird die Länge des Magnets, die wir mit 2λ bezeichen wollen, im Verhältnisse zu r und e ebenfalls eine kleine Gröfse seyn. Entwickelt man mit Rücksicht auf diese Bestimmungen den obigen Ausdruck, und setzt in den höhern Gliedern $dm = A\,x\,dx$, so läfst sich die Integration ausführen.

Es kann Fälle geben, wo man bei der Integrirung die Gröfsen dritter und vierter Ordnung berücksichtigen mufs; diese will ich indessen vorläufig nicht in Betracht ziehen, sondern voraussetzen, dafs man die Stärke des Stroms nur bis auf $\frac{1}{10000}$ messen wolle, ferner, dafs e' gröfser als $2r'$ und die Länge des Magnets kleiner als $\frac{2}{3}r'$ sey. Wird ferner die Distanz der beiden Scheiben C und C' nämlich $e' + e'' = 2e$, und das arithmetische Mittel der Halbmesser $\frac{1}{2}(r' + r'') = r$ gesetzt und angenommen, dafs die Unterschiede $e'' - e'$ und $r'' - r'$ so kleine Gröfsen seyen, dafs man die Quadrate und höheren Potenzen derselben vernachlässigen könne, so ergiebt sich für die Stromstärke folgende Gleichung:

$$g = (X \operatorname{tg}\psi - k)\,\frac{(e^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}}{4\pi r^2}\;\frac{1}{1 - \frac{9}{20}\,\frac{4e^2 - r^2}{(e^2 + r^2)^2}\,\lambda^2},$$

Bezeichnet man mit n die Ablesung der Ablenkungs-Scale, wenn der Strom in Thätigkeit ist, und mit N den Stand, den der Magnet einnimmt, wenn der Strom unterbrochen wird, dann mit E die Entfernung der Scale vom Spiegel des Magnets, so hat man

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{n - N}{2E}.$$

Diese Bestimmungsweise gebrauche ich indessen niemals, sondern ich habe an dem Galvanometer eine Vorrichtung angebracht, wodurch ich die Stromrichtung commutiren kann. Die Stromrichtung, bei welcher die Ablesung *gröfser* wird als die Mittelrichtung N nenne ich $+$, und die Stromrichtung, welche eine Verminderung der Scalenablesung bewirkt, nenne ich $-$. Ich beobachtete nun zuerst bei Stromrichtung $+$ die Ablenkung n, und bei Stromrichtung $-$ die Ablenkung n', alsdann habe ich:

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{n-n'}{4E}.$$

Um k zu bestimmen wird die Berührung der Enden h, i, h', i' der um die Scheiben C und C' gehenden Drähte mit den unten befindlichen Messingschienen aufgehoben und zwischen die Schienenpaare eine Stromverbindung hergestellt, etwa durch Einschieben kleiner Metallkeile, alsdann notirt man bei Stromrichtung $+$ die Scalenablesung s, bei Stromrichtung $-$ die Ablesung s', so hat man:

$$X\frac{s-s'}{4E} = k$$

mithin

$$X\operatorname{tg}\psi - k = X\frac{(n-n')-(s-s')}{4E}.$$

Demnach kann man, wenn die Entfernung der Kreisströme $e+\delta e$ und der mittlere Halbmesser derselben $1+\delta r$ gesetzt wird, die obige Formel so anschreiben:

$$\log g = \log C + \log h + \log[n-n'-(s-s')] + A\lambda^2 + p\,\delta e + q\,\delta r$$

wo C eine Constante, und $h=(1+e^2)^{\frac{3}{2}}$ ist, dann A, p, q Functionen von e bezeichnen, deren numerische Werthe ich in der weiter unten folgenden Tabelle angegeben habe.

Den oben angedeuteten Bezeichnungen zufolge wird der Halbmesser der Kreisströme als Einheit angenommen; hiernach mufs die Scalentheilung auf den Röhren A, B, A', B' eingerichtet seyn. Was die Gröfsen e, λ, δr, δe betrifft, so müssen sie in Scalentheilen ausgedrückt werden; die Entfernung E der Ablenkungs-Scale vom Spiegel wird in Theilstrichen der Ablenkungs-Scale ausgedrückt.

Bei der Constante C ist es nöthig ein *absolutes* Maafs zu Grunde zu legen. Dem bisherigen Gebrauche zufolge nehme ich als absolute Längeneinheit ein Millimeter an. Bezeichnet man die Länge eines Scalentheiles in Millimeter ausgedrückt mit m, so haben wir demnach

$$C = \frac{mX}{16E\pi(1+\delta r)^3}.$$

Folgende Tabelle wird die numerischen Rechnungen erleichtern.

e.	log k.	$\frac{A}{100}$	$\frac{p}{100}$	$\frac{q}{100}$
2,0	0,04845	116,6	521,2	260
2,5	0,29051	88,9	449,3	180
3,0	0,50000	68,3	391,0	131
3,5	0,68333	53,3	344,2	98
4,0	0,84567	42,5	306,6	77
4,5	0,99004	34,6	275,9	62
5,0	1,12245	28,6	250,6	50
5,5	1,24227	24,0	229,3	42
6,0	1,35230	20,4	211,3	35

Die in den drei letzten Columnen enthaltenen Zahlen sind Einheiten der fünften Decimalstelle.

Nun haben wir zunächst anzugeben wie der Collimationsfehler der Distanzeinstellung δe bestimmt wird.

Die Scheiben C und C' sind auf zwei Stücken Rohr fest gemacht, die beim Verschieben als Führung dienen. Der Index, nach welchem die Entfernung eingestellt wird, ist auf diesen Rohrstücken verzeichnet und befindet sich zwischen der Rolle und dem Magnet, 0,25 von der Scheibe entfernt, die Numerirung ist aber in der Weise angebracht, dafs die Gröfse 0,25 abgerechnet ist. Stellt man demnach den Index z. B. auf 2,5, so ist die wirkliche Entfernung der Scheibe 2,5.

Man lasse nun, während die Scheiben in der Entfernung e stehen, einen Strom durchgehen und beobachte die dadurch hervorgebrachte Ablenkung n, dann ziehe man die eine Scheibe mit dem Rohrstücke ganz heraus und stecke sie umgekehrt auf, so dafs der Index auf die dem

Magnet entgegengesetzte Seite der Scheibe kommt, stelle aber so ein, dafs der Indexstrich $e+0{,}5$ zusammenfällt, so wird der Magnet *dieselbe* Ablenkung wie zuvor zeigen, wenn der Indexstrich genau 0,25 von der Scheibe absteht. Ist dagegen ein Collimationsfehler vorhanden, so dafs im ersten Falle die Distanz um $\delta e'$ zu klein, im zweiten Falle um eben so viel zu grofs war, so wird die Nadel einen entsprechenden Unterschied δn in der Ablenkung zeigen, woraus dann δe berechnet werden kann durch die Formel

$$\delta e' = \frac{1}{p} \log \left(1 + \tfrac{1}{2} \frac{\delta n}{n-N}\right).$$

Die Collimation der zweiten Scheibe $\delta e''$ wird auf dieselbe Weise bestimmt. In der Formel zur Berechnung der Stromstärke mufs man dann $\delta e = \frac{1}{2}(\delta e' + \delta e'')$ setzen.

Zur Ermittelung der Collimation bei dem von mir gebrauchten Galvanometer wurden für jede Scheibe sechs Ablesungen vorgenommen; die Distanz e betrug 2,25. Die Ablesungen wurden dann so combinirt, dafs zur Elimination der sonst vorkommenden Aenderungen neben jeder Zahl das arithmetische Mittel der vorausgehenden und folgenden Zahl geschrieben wurde; die Unterschiede δn, d. h. die doppelte Wirkung der Collimation, fand ich wie folgt

östliche Scheibe	westliche Scheibe
+ 0,23	+ 0,08
− 0,07	+ 0,02
− 0,13	− 0,02
− 0,12	− 0,09

$$n - N = 81{,}0.$$

woraus zu ersehen, dafs die Collimation $= 0$ gesetzt werden kann.

Die Bestimmung von δr geschieht dadurch, dafs man *denselben* Strom bei verschiedenen Werthen von e mifst.

Man bezeichne die Werthe von $\log h + \log [n - n' - (s - s')] + A\lambda^2$ für die Distanzen $e', e'', e'''\ldots$ mit $\log u', \log u'', \log u'''\ldots$ dann die denselben Distanzen entsprechenden Werthe von q mit $q', q'', q'''\ldots$ so hat man folgende Bedingungsgleichungen:

$$\log g - \log C = \log u' + q' \,\delta r$$
$$= \log u'' + q'' \,\delta r$$
$$= \log u''' + q''' \,\delta r$$
u. s. w.

Hieraus lassen sich mittelst der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichsten Werthe von δr und $\frac{g}{C}$ ableiten. Dabei mufs indessen auf die Gewichte der einzelnen Gleichungen Rücksicht genommen werden, die sehr verschieden sind, weil ein Fehler von bestimmten Betrage in der Beobachtung z. B. von $\frac{1}{10}$ Theilstrich bei kleinen wie bei grofsen Distanzen gleich wahrscheinlich ist, aber in den obigen Gleichungen sehr verschiedene Aenderungen zur Folge hat. Es ist nun leicht einzusehen, dafs die Gewichte umgekehrt proportional seyn werden den Aenderungen, die ein gewisser Betrag, z. B. ein $\frac{1}{10}$ Theilstrich, in den Resultaten hervorbringt. Ich will diefs durch ein Beispiel erläutern.

An dem von mir zu meinen Versuchen angewendeten Galvanometer wurden zwei Ablenkungsreihen beobachtet, die auf gleiche Stromstärke reducirt, folgende Bestimmungen gaben:

Distanz.	Ablenkung. $n-n'$.	Drahtleitung. $s-s'$.
2,5	147,65	— 0,79
3,5	59,43	»
4,5	28,95	»
5,5	15,79	»

Daraus ergiebt sich, wenn man $\log g - \log C - 8{,}46383 = x$ und $100\,\delta r = (\delta r)$ setzt,

$$x = 0 + 180\,(\delta r)$$
$$x = 31 + 98\,(\delta r)$$
$$x = 55 + 62\,(\delta r)$$
$$x = 199 + 42\,(\delta r).$$

Die vorkommenden Zahlen sind Einheiten der fünften Logarithmenstelle.

Eine Aenderung von einem Zehntel-Theilstrich der Ab-

lenkungs-Scale bringt in den Weithen von u', u''... folgende Aenderungen hervor: 30, 65, 146, 262. Die Gewichte der einzelnen Gleichungen werden demnach $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{65}$... oder $\frac{30}{30}$, $\frac{30}{65}$... seyn. Da übrigeus eine *genaue* Bestimmung der Gewichte nicht wesentlich ist, so können wir uns mit einer einzigen Zifferstelle begnügen und die Gewichte so annehmen 1,.. 0,5,.. 0,2,.. 0,1.

Multiplicirt man damit die obigen Bedingungsgleichungen und löst sie auf, so ergiebt sich:

$$\delta r = + 0{,}00243$$
$$x = + 45{,}6$$

und die übrigen bleibenden Fehler in Theilstrichen sind:

$$+0{,}01$$
$$-0{,}01$$
$$-0{,}02$$
$$+0{,}09.$$

Zur Bestimmung der Constante C haben wir ferner folgende Data:

Ein Theilstrich der Scale ist 54,316 Millim. bei 13° R. mithin

$$m = 54{,}316\,[1 + 0{,}0000135\,(t - 13^\circ)]$$
$$E = 430$$
$$X = 1{,}9550$$

daraus ergiebt sich

$$C = 0{,}004889\,[1 + 0{,}0000135\,(t - 13^\circ)]$$
$$\log C = 7{,}68922 + 0{,}59\,(t - 13^\circ).$$

Auf solche Weise haben wir nun alle vorkommenden Gröfsen unabhängig von jeder zweifelhaften Voraussetzung bestimmt, und somit eine absolute, zugleich aber auch eine practisch leicht ausführbare Messung des galvanischen Stromes erzielt.

Ich habe im Vorhergehenden angenommen, dafs um die Scheiben C, C' der Draht nur einmal herumgehe, und man wird diese Construction als die einzig zweckmäfsige erkennen, da wo es sich darum handelt bestimmte Wirkungen des galvanischen Stromes zu untersuchen, und wo eine Schwächung eines Stromes durch Einschaltung einer

gröfseren Drahtlänge unzulässig wäre. Will man das *Vorhandenseyn* eines Stromes und dessen Intensität constatiren, und ist dabei eine gröfsere Empfindlichkeit des Instruments erforderlich, so kann man anstatt Einer Windung eine beliebige Anzahl von Windungen substituiren, und damit die Ablenkung beliebig vergröfsern. Dabei treten übrigens einige Verhältnisse ein, die näher untersucht werden müssen.

Ein galvanischer Strom, der durch eine Anzahl an einander liegender Drähte geht, kann als gleichbedeutend betrachtet werden mit einer unendlichen Anzahl paralleler Elementarströme, die durch einen soliden Leiter, von demselben durchschnitten, gehen.

Es sey nun die Intensität eines solchen Kreisstroms $=\gamma$, die Entfernung desselben von der Nadel $=e+y$, der Halbmesser $r+z$, so haben wir unter den oben schon angegebenen Bedingungen

$$X \operatorname{tg} \psi - k = 4\gamma\pi \int \frac{(r+z)^2 dz dy}{[(r+z)^2+(e+y)^2]^{\frac{3}{2}}} \left(1 - \frac{9}{20} \frac{4(e+y)^2-(r+z)^2}{[(r+z)^2+(e+y)^2]^2}\right).$$

Dieses Integral läfst sich zwar durch einen geschlossenen Ausdruck darstellen: für den gegenwärtigen Zweck aber wollen wir voraussetzen, dafs y und z gegen e und r kleine Gröfsen seyen, nach deren steigenden Potenzen die Reihen-Entwickelung vorgenommen werden kann. Wird dann integrirt von $z=-a$ bis $z=+a$ und von $y=-b$ bis $y=+b$, so dafs die Höhe der Umwindungen $2a$ und die Breite mit $2b$ bezeichnet wird, so erhält man mit Einschlufs der Gröfsen zweiter Ordnung folgende Gleichung:

$$X \operatorname{tg} \psi - k = 1b\, ab\, \gamma\pi \frac{r^2}{f^3}\left(1 - \frac{9}{20}\frac{4e^2-r^2}{f^4}\lambda^2\right)\left(1 + \frac{1}{3}\frac{a^2}{r^2} - \frac{1}{2}\frac{5a^2+b^2}{f^2} + \frac{5}{2}\frac{r^2a^2+e^2b^2}{f^4}\right).$$

Wir haben bereits schon früher den log. des vorletzten Factors, d. h. $\log\left(1 - \frac{9}{20}\frac{4e^2-r^2}{4}\lambda^2\right)^2$ mit $-A\lambda^2$ bezeichnet; analog damit soll bei den ferneren Entwickelungen der log. des letzten Factors mit Pa^2+Qb^2 bezeichnet werden.

An-

Anstatt der Höhe und Breite der Umwindungen wollen wir nun die Anzahl derselben einführen und annehmen, dafs c Windungen über einander und d neben einander liegen, dann die Dicke des Drahtes $= \delta$ sey. Alsdann bedeutet $\gamma\delta^2$ die Stärke des durch den Draht gehenden Stromes, die wir wie oben mit g bezeichnen wollen, und es ergiebt sich unter Beibehaltung der übrigen früher schon eingeführten Bezeichnungen

$$\log g = \log \frac{C}{ed} + \log h + \log(n - n') + A\lambda^2 - Pa^2 - Qb^2.$$

Demnach kann die oben bereits erwähnte Tabelle auch für den Fall, dafs man eine gröfsere Anzahl von Umwindungen habe, zur Berechnung angewendet werden; nur bedarf es einer Correction, die um so beträchtlicher seyn wird, je gröfser die Zahl der Umwindungen ist und je näher die Rolle steht. Wegen dieser complicirteren Form halte ich es auch nicht für zweckmäfsig vielfache Umwindungen zu gebrauchen, wo eine einzige ausreichend ist.

Der obige Ausdruck enthält zugleich eine Bestimmung, die bei einer einzigen Umwindung zu berücksichtigen ist; er zeigt nämlich, in wie weit die Messung der Stromstärke von den Dimensionen des Drahtes oder Ringes, der zur Leitung dient, abhängt. Um die wahre Stromstärke zu erhalten, mufs man nämlich die nach unserer ursprünglichen Formel berechnete mit $1 + \frac{1}{12}\frac{e^2 - 8r^2}{r^2 f^2}\delta^2$ dividiren, wenn der Querschnitt des Drahtes ein Viereck (Seite $= \delta$), und mit $1 + \frac{1}{24}\frac{e^2 - 8r^2}{r^2 f^2}\delta^2$ wenn der Querschnitt ein Kreis (Durchmesser $= \delta$) ist.

Bei dem von mir gebrauchten Galvanometer war $\delta = \frac{1}{40} r$ und die obige Correction kann für diesen Fall vernachlässigt werden; wollte man aber einen stärkeren Draht oder einen massiven Ring anwenden, so würde der für die Stromstärke gefundene Werth, ohne Correction, beträchtlich von der Wahrheit abweichen. Man sieht übrigens leicht ein, dafs, wo eine stärkere Leitung nöthig ist, man am besten daran

thut, einen flachen Ring, etwa einen Kupfer-Streifen, zu nehmen.

Die im Vorhergehenden entwickelte Berechnungsweise reicht für die gewöhnlichen galvanischen Messungen aus; wo aber besondere Genauigkeit nöthig ist, müssen noch einige Correctionen angebracht, und bei dem Instrumente selbst sowohl als bei der Beobachtungsweise einige Bedingungen erfüllt werden, die ich bei einer künftigen Gelegenheit näher darzulegen mir vorbehalte.

V. *Ueber Friedr. v. Hagenow's Patent-Dicatopter; von Dr. H. Emsmann in Stettin.*

In dem Dicatopter von v. Hagenow haben diejenigen, welche sich mit Abbildungen von Naturkörpern — sey es in natürlicher Gröfse oder im vergröfserten oder verkleinerten Maafsstabe — beschäftigen, einen Apparat erhalten, welcher an Treue der Darstellung und an Bequemlichkeit bei der Ausführung alle bisher zu ähnlichen Zwecken construirten Zeichen-Apparate übertrifft. Da dieser Apparat die allgemeinste Beachtung verdient, die Annalen aber noch nichts über denselben geliefert haben, so werden hoffentlich die folgenden Zeilen, welche eine nähere Untersuchung über die Construction desselben enthalten, nicht unzeitgemäfs erscheinen.

Fig. 2 Taf. III. Die Fufsplatte *a* trägt die hohle Säule *b*; die in ihr verschiebbare Röhre *c* wird durch eine Schraube *d*, welche durch einen Schlitz in *b* geht, in der verlangten Höhe festgestellt; an *c* ist oben das horizontale Stück *e* befestigt, welches dem auf demselben verschiebbaren Objectträger *f* und dem ringförmigen federnden Halter *g*, welcher durch die Schraube *h* befestigt wird, zum Träger dient. In dem federnden Ringe *g* steckt eine Röhre *l*, welche oben einen horizontal vorspringenden Arm trägt,

an welchem der durch eine gemeinschaftliche Axe verbundene Lupen- und Spiegel-Apparat an einer längsgeschlitzten und dadurch verschiebbaren Zunge, welche durch die Handschraube *i* festzustellen ist, hängt.

Der Spiegel-Apparat besteht aus einer Platte *k*, in deren Mitte ein kleiner im Centrum durchbohrter Stahlspiegel in geneigter Lage befestigt ist; über demselben liegt, ebenfalls in geneigter Lage, ein viereckiger Stahl- oder Glasspiegel. Beide Spiegel sind so gestellt, dafs das unter dem zweiten Spiegel mit der Fufsplatte in einer Ebene liegende Zeichenpapier durch doppelten Reflex gesehen wird, während das Auge in der horizontalen Richtung *m* — *n* durch die Oeffnung im ersten Spiegel nach dem Objecte *o* schaut. Hinter der Spiegelplatte liegen zwei Lupen von verschiedener Stärke. Sie können beliebig bei Seite geschlagen, und ihre Fassung kann leicht so eingerichtet werden, dafs man auch andere Gläser einsetzen kann. An der Röhre *l* ist aufserdem ein in *p* befestigter Vorsprung angebracht, der so weit dem Spiegel-Apparate entgegentritt, dafs dieser genau eingestellt ist, wenn er an demselben anliegt.

Diefs ist im Wesentlichen die Beschreibung des Apparates, wie der Hr. Erfinder dieselbe selbst geliefert hat, nur angepafst auf das vervollkommnete Instrument, welches dem Verfasser dieser Zeilen zu Gebote steht.

Soll der Apparat gebraucht werden zur Abbildung eines Objectes — z. B. des Gepräges einer Münze —, so befestigt man dasselbe auf dem Objectträger *f* mittelst eines Stückchen Wachs oder dergleichen, und stellt — nachdem man die Lupen zurückgeschlagen hat — den Spiegel-Apparat durch Verschieben in dem Ringe *g* so ein, dafs man die Mitte des Objects oder die Mitte der zu zeichnenden Stelle in der horizontalen Richtung *m* — *n* durch die Oeffnung des geneigten Spiegels sieht. »Hierauf schiebt man am besten eine doppelte Lage Zeichenpapier unter die Fufsplatte und bringt das Dicatopter selbst in eine solche Stellung, dafs das Object von der linken Seite gut be-

leuchtet ist.« — (»Um dasselbe scharf zu begränzen, ist es zweckmäfsig ein Papier oder einen anderen Gegenstand von entgegengesetzter Farbe dahinter zu hängen oder zu stellen.«) — »Indem man jetzt, durch die Oeffnung des Spiegels schauend, eine gut geschärfte Bleifeder vertical unter den Spiegel auf das Papier führt, erblickt man dieselbe durch Reflex auf dem Mittelpunkte des Objects und beginnt nun die Zeichnung, indem man das Schattenbild der Bleifeder auf die zu zeichnenden Theile des Objectes umherführt, zugleich aber die Bleifeder selbst *leise* über das Papier gleiten läfst.«

»Hierbei treten dem Anfänger jedoch zuweilen einige Schwierigkeiten entgegen, indem er mitunter das Bild der Bleifeder plötzlich aus dem Auge verliert. Man findet es jedoch sogleich wieder, wenn man mit dem Auge ein wenig vor dem Spiegel hin und her wankt. Diesem Uebelstande beugt man dadurch vor, dafs man sich gleich anfänglich daran gewöhnt, bei gröfseren Bewegungen der Bleifeder nach rechts oder links, den Kopf stets *in entgegengesetzter Richtung* ein wenig zu bewegen. Es kommt ferner zuweilen vor, dafs das Bleifederbild durch zu grelle Beleuchtung gleichsam überstrahlt und undeutlich wird. Man darf in diesem Falle nur durch Erhebung der linken Hand ein wenig Schatten auf dem Zeichnenpapiere verursachen, und das Bild wird sofort wieder deutlich erscheinen. Sehr gut anwendbar ist ein farbiges Zeichnenpapier, ja selbst ein mattes schwarzes bei Benutzung eines weifsen Stiftes. Es ist freilich unmöglich, das Object und das Bleifederbild *zu gleicher Zeit* in *völliger Schärfe* zu sehen: es reicht jedoch hin, dafs beide Theile deutlich genug erscheinen, um auch die zartesten Gegenstände mit Leichtigkeit abbilden zu können.«

Unterwerfen wir nun die Principien, nach welchen das Dicatopter gebaut ist, und die dabei sonst zur Erscheinung kommenden Verhältnisse einer Untersuchung.

1. Steht vor zwei unter einem Winkel α zu einander geneigten Spiegeln ein Gegenstand, so liegen bekanntlich

dieses und das nach zweimaligem Reflex entstandene Bild zu einander stets unter einem Winkel von $180^\circ - 2\alpha$. Will man also von dem unter der Fufsplatte horizontal liegenden Papiere durch Reflex von dem undurchbohrten Spiegel und von diesem nach dem durchbohrten in diesem ein verticales Bild erblicken, so mufs $180^\circ - 2\alpha = 90^\circ$, also α selbst $= 45^\circ$ seyn. *Bedingung ist also für das Dicatopter, dafs die beiden Spiegel unter* 45° *zu einander geneigt sind.*

2. Dafs die Entfernung des in dem durchbohrten Spiegel erscheinenden Bildes von dem Durchschnittspunkte der beiden Spiegel stets gleich ist der Entfernung des Papiers von eben demselben Punkte ist ebenfalls eine bekannte Sache, hier aber insbesondere hervorzuheben, um das Gröfsenverhältnifs zwischen dem Objecte und dem zu entwerfenden Bilde festzustellen.

3. Soll man, horizontal durch die Oeffnung des durchbohrten Spiegels schauend, die Mitte eines auf dem Objectträger befestigten Objectes sehen, so mufs der Spiegel-Apparat verschiebbar seyn, um die Höhe der Oeffnung des Spiegels je nach der Gröfse des Objectes einstellen zu können. An dem Apparate wird diefs bewerkstelligt durch die Verschiebung der Röhre l in dem federnden Ringe g.

4. Es sey Fig. 3 Taf. III. ac der undurchbohrte Spiegel; in der Richtung aq liege der durchbohrte Spiegel mit der Oeffnung v; ede' sey der Durchschnitt der Papierfläche; ad ein Perpendikel von dem Durchschnittspunkte beider Spiegel auf die Papierfläche; $\angle daq = \beta$: so liegt das Bild des Punktes d in d' und zwar so, dafs $\angle d'ad = 90^\circ$ und $ad' = ad$ ist. Ist vkf' der durch die Oeffnung v gehende horizontale Strahl, so ist f' das Bild für den Punkt f, wenn $df = d'f' = av . \cos\beta$. Da in der Richtung vkf' die Mitte des zu zeichnenden Objectes liegen mufs, so *liegt mithin die Mitte der Zeichnung soweit vor dem Durchschnittspunkte der beiden Spiegel,* — wenn wir die Richtung von d nach e hin als vorn, die von d nach e' hin aber als hinten bezeichnen, —

als die Oeffnung des durchbohrten Spiegels in verticaler Richtung von diesem Durchschnittspunkte entfernt ist.

5. Wird die Zeichnung auf ee' gröfser als $2.df = 2.av.\cos\beta$, so reicht sie noch weg über d nach e' hin; folglich *mufs das horizontale Stück e* (Fig. 2 Taf. III) *über das Fufsgestell herausspringen*, und deshalb wird auch zweckmäfsig dafs Fufsgestell nach der Seite der zu entwerfenden Zeichnung hin, wie es Fig. 2 Taf. III. zeigt, ausgeschweift, um dadurch noch mehr Raum zu gewinnen. An dem uns zu Gebote stehenden Apparate springt e über die Säule b $3\frac{1}{2}$ Zoll hervor.

6. Steht auf dem Objectträger ein Object (Fig. 3 Taf. III.) xoy, so erscheint diefs einem Auge vor der Oeffnung v unter einem Winkel xvy. Führt man nun die auf dem Papiere ede' aufliegende Bleistiftspitze so, dafs das Bild derselben auf alle abzuzeichnende Stellen des Objects xoy zu liegen kommt, so zeichnet man hierdurch ein Bild, welches in $x'f'y'$ zu stehen scheint, unter demselben Winkel $x'vy' = xvy$. Die erhaltene Zeichnung $x''fy''$ ist $= x'f'y'$.

7. Bezeichnen wir die Entfernung des Durchschnittspunktes der beiden Spiegel von der Papierfläche, also ad, mit E, die Entfernung des Objectes von ad, also ko, mit e und die Entfernung der Oeffnung v von dem Durchschnittspunkte der Spiegel, also av, mit z; so erhalten wir

$$x'y' : xy = E + z.\sin\beta \; : \; e + z.\sin\beta,$$

also:

$$\text{Bild} = \text{Object}.\frac{E + z.\sin\beta}{e + z.\sin\beta}.$$

Diefs wäre das Gröfsenverhältnifs zwischen Bild und Object. Ist $\beta = 0$, steht also der durchbohrte Spiegel nicht schief, so ist das Bild $=$ Object. $\frac{E}{e}$. *Wenn $E > e$ ist, wird mithin das Bild soviel mal gröfser als das Object, als die Entfernung des Durchschnittspunktes beider Spiegel von der Papierfläche gröfser ist, als die Entfernung des Objectes von dem durchbohrten Spiegel; wenn $e < E$ ist, wird das Bild soviel mal kleiner als das Object, als die Entfernung*

des Objectes von dem durchbohrten Spiegel gröfser ist als die Entfernung des Durchschnittspunktes beider Spiegel von der Papierfläche, und endlich wenn $E=e$ ist, wird das Bild von der natürlichen Gröfse des Objectes.

Ist $E>e$, so ist bekanntlich $\frac{E+x.\sin\beta}{e+x.\sin\beta}<\frac{E}{e}$, und ist $E<e$, so ist $\frac{E+x.\sin\beta}{e+x.\sin\beta}>\frac{E}{e}$; folglich wird durch die schiefe Stellung des durchbohrten Spiegels in dem einen Falle die Vergröfserung, und in dem anderen die Verkleinerung beeinträchtigt. Da aber das Verhältnifs $\frac{E}{e}$ sowohl für Vergröfserung als für Verkleinerung das Maxium darstellt, überdiefs auch der Werth von $\frac{E+x.\sin\beta}{e+x.\sin\beta}$ nicht sehr verschieden von dem von $\frac{E}{e}$ ausfallen kann, so wird man im Allgemeinen das Gröfsenverhältnifs durch $\frac{E}{e}$ ausdrücken können.

Der Hr. Erfinder spricht in seiner Ankündigung bei der Angabe des Gröfsenverhältnisses zwischen Bild und Object von der Höhe vom Spiegel bis auf das Papier. Dafs unter dieser Höhe die Entfernung des Durchschnittspunktes der beiden Spiegel und nicht etwa der Oeffnung des schiefen Spiegels von dem Papiere zu verstehen ist, ergiebt sich aus dem Vorhergehenden. Um den Apparat auf eine bestimmte Vergröfserung einzustellen, wird übrigens von Hrn. v. Hagenow ein sehr einfaches und sicheres Verfahren angegeben. »Es wird z. B. die Stellung für 4malige Vergröfserung gesucht. — Man sticht mittelst des Zirkels nach irgend einem Maafsstabe $\frac{1}{4}$ Zoll auf ein Stückchen steifen Papiers oder eine Visitenkarte ab, und klebt dasselbe an der Stelle, welche das Object einnehmen soll, mittelst Wachs auf den Objectschieber, so dafs die Zirkelstiche vertical über einander liegen. Dann fafst man — wegen der viermaligen Vergröfserung — 4mal $\frac{1}{4}''$ oder 1'' in den Zirkel und legt denselben so aufgesperrt unter die Spiegel auf untergelegtes weifses Papier und bringt die re-

flectirten Zirkelspitzen mit den beiden gestochenen Punkten auf dem Kartenstücke zur Deckung. Liegen die Punkte noch zu eng für die Zirkelspitzen, so erhöht man das Stativ so weit, bis die Zirkelspitzen genau in die Stiche passen; im entgegengesetzten Falle wird das Stativ niedriger geschoben.« — An dem Apparate sind übrigens für eine bestimmte Stellung der Röhre *l* in dem federnden Ringe die Vergröfserungen für die erste, für die zweite und für beide Lupen vereint angezeichnet und zwar an der verschiebbaren Röhre *c*. (Fig. 2 Taf. III.) Diefs kann beim Gebrauche der Lupen ein für allemal geschehen, weil für diese das Object eine bestimmte Entfernung einnimmt, wenn es deutlich gesehen werden soll.

8. Unter No. 7 haben wir gesehen, das zur Berechnung des Gröfsenverhältnisses zwischen Bild und Object der bequemste Fall der ist, wenn der durchbohrte Spiegel nicht geneigt ist. Warum hat nun der Hr. Erfinder diesem Spiegel eine schiefe Stellung gegeben?

Es kommt darauf an, von der Zeichnung auf der Papierfläche in dem durchbohrten Spiegel ein Bild in horizontaler Richtung zu sehen (No. 1.) Der Winkel β hat hierauf gar keinen Einflufs. Diefs Bild entsteht durch Reflexion von dem undurchbohrten Spiegel auf den durchbohrten. Da es nun blofs auf diefs Bild ankommt, so ist auch nur erforderlich, dafs das von der Zeichnung oder der Bleistiftspitze ausgehende Licht direct auf den undurchbohrten und nicht auf den durchbohrten Spiegel falle. Um diefs directe Auftreffen des Lichtes auf den durchbohrten Spiegel unmöglich zu machen, giebt man ihm eine schiefe Stellung, so dafs die für die Zeichnung bestimmten Stellen des Papiers noch hinter der Spiegelfläche des durchbohrten Spiegels liegen. Es würde zwar auch das Licht nicht störend wirken, welches direct auf den durchbohrten Spiegel fiele, indem die entstandenen kaleidoskopischen Bilder bei der Stellung des Auges doch nicht wahrgenommen würden; aber da bei der schiefen Stellung des durchbohrten Spiegels zugleich die Lage des undurchbohrten

für die von dem Papiere ausgehenden Lichtstrahlen noch günstiger für die Reflexion wird, indem die Strahlen weniger schief auf denselben fallen, so ist auch aus diesem Grunde eine Stellung des durchbohrten Spiegels in der angegebenen Weise vorzuziehen. Welche Neigung wird man nun dem durchbohrten Spiegel zu geben haben? — Ehe wir diese Frage beantworten, müssen wir uns klar machen, wie weit das Dicatopter höchstens ausgezogen werden darf.

9. Da das Bild im durchbohrten Spiegel in der Entfernung des deutlichen Sehens stehen mufs; die Entfernung des Bildes aber von dem Durchschnittspunkte der beiden Spiegel gleich der Entfernung dieses Punktes von der Papierfläche ist (No. 2); so folgt ohne Weiteres, dafs die *gröfste Höhe des Dicatopters die Entfernung des deutlichen Sehens nicht überschreiten,* also höchtens 10 bis 12″ betragen darf. Dazu kommt noch, dafs die Höhe des Auges über der Papierfläche eine zum Zeichnen auf dieser bequeme seyn mufs, was mit voriger Angabe stimmt. An dem zur Fig. 2 benutzten Apparate geht die Ausziehung bis 12″ und die Zusammenschiebung bis 9″.

10. Zu den gröfsten Zeichnungen gehört die gröfste Ausziehung des Apparates. Eine Zeichnung von 8″ Durchmesser dürfte als das Maximum der mit diesem Apparate anzufertigenden Zeichnungen anzunehmen seyn. Ist nun die Entfernung der Oeffnung des durchbohrten Spiegels von dem Durchschnittspunkte beider Spiegel, also z, $=\frac{1}{2}$ Zoll; so reicht die Zeichnung von d nach vorn $4\frac{1}{2}$ und nach hinten $3\frac{1}{2}$ Zoll. Verlängern wir die Ebene des durchbohrten Spiegels bis zum Durchschnitte mit der Papierfläche in n (Fig. 3); so darf mithin dn $4\frac{1}{2}''$ nicht überschreiten, wenn alle Stellen der Zeichnung hinter der Spiegelfläche liegen sollen (No. 8). Da nun $ad=12''$ seyn soll, so ergiebt sich

$$dn = ad.\mathrm{tg}s\,\beta,\ \text{d. h. } \mathrm{tg}s\,\beta = 0{,}375;$$

also $\beta = 20^\circ\ 33'$.

11. Ist $\beta = 20^\circ$ und liegt die Oeffnung des durch-

bohrten Spiegels 0,5″ vertical unter dem Durchschnittspunkte beider Spiegel, so ergiebt sich für die Entfernung der Oeffnung v von dem Durchschnittspunkte der Spiegel, also für z, 0,53″.

12. Nehmen wir (Fig. 3) $ak = 0{,}5''$, $\beta = 20^\circ$, $ad = 12''$ und $x'y' = 8''$; so erhalten wir $\angle xvy = 36^\circ\,20'$. Man kann also mit einem so eingerichteten Apparate Gegenstände zeichnen, welche unter einem Sehwinkel bis 36° erscheinen.

13. Ist (Fig. 3) $x'y'$ das gröfste Bild, welches mit dem Apparate gezeichnet werden kann, so ist für $\beta = 20^\circ$ und $\angle xvy = 36^\circ\,20'$ der Winkel $avh = 91^\circ\,50'$. Folglich darf der undurchbohrte Spiegel ac noch nicht $= 1{,}46 \,.\, z$ seyn, wenn der Strahl $y'vh$ noch ins Auge soll gelangen können. Aus No. 11 ergiebt sich also $ac = 0{,}77''$, wofür wir $\frac{3}{4}''$ als Normalmaafs des undurchbohrten Spiegels nehmen können.

14. Der unter No. 13 gefundene Werth für den undurchbohrten Spiegel ist das Maximum; das Minimum ergiebt sich daraus, dafs von dem äufsersten Punkte k'' des gröfsten Bildes noch Licht auf den Spiegel treffen mufs, welches von diesem auf den durchbohrten Spiegel reflectirt, von diesem parallel mit $x'v$ zurückgeworfen werden mufs. Für $\beta = 20^\circ$ und $\angle xvy = 36^\circ\,20'$ erhält man 0,417″. Es reicht also eine Spiegelfläche von $\frac{1}{2}$ Zoll Breite unter allen Umständen aus, in welchem Falle dieselbe von dem Durchschnittspunkte beider Spiegel noch $\frac{1}{4}''$ absteht.

15. Nennen wir den gröfsten Sehwinkel, unter welchen das abzuzeichnende Object erscheinen kann, 2σ, so mufs der von dem äufsersten Punkte x'' ausgehende Lichtstrahl, damit er von dem durchbohrten Spiegel parallel mit $x'v$ reflectirt werde, so auf den undurchbohrten Spiegel auffallen, dafs es mit der Spiegelfläche einen Winkel $= 45^\circ + \beta + \sigma$ bildet. Da nun nach No. 10 $\beta = 20^\circ$, so folgte hieraus für das Object ein möglicher Sehwinkel von 50°. Insofern $\beta + \sigma$ nicht gröfser als 45° werden kann, so ergänzt sich hier das unter No. 10 und 12 über die Neigung des durchbohrten Spiegels und über die Gröfse des Seh-

winkels Gesagte. Je gröfser die Neigung des durchbohrten Spiegels, desto kleiner wird der Sehwinkel.

16. Damit von dem äufsersten Punkte x'' des gröfsten Bildes Licht auf den undurchbohrten Spiegel treffen könne, darf der durchbohrte Spiegel nicht zu weit herabreichen. Als Maximum ergiebt sich, wenn $\beta = 20^0$ und $\angle xvy = 36^0\,20'' = 2\sigma$ ist, $aq = 0,67$ Zoll. Es würde also der durchbohrte Spiegel, da nach No. 11 die Oeffnung desselben 0,53′ von dem Durchschnittspunkte beider Spiegel entfernt ist, einen Halbmesser $= 0,14''$ höchstens haben dürfen, so dafs für die Ausführung ein Halbmesser von $\frac{1}{8}$ Zoll sich als zweckmäfsigstes Maafs ergeben würde.

17. Ebenso wie der durchbohrte Spiegel nicht zu weit herabreichen darf, ist auch der Halter desselben, welcher in der Richtung ad hängen soll und einer Lupenfassung ähnlich ist, in seiner Gröfse beschränkt, damit er nicht die von x'' ausgehenden auf den undurchbohrten Spiegel fallenden Lichtstrahlen hindere. Für die von a aus gemessene Entfernung ergiebt sich für $\beta = 20^0$ ein Werth von 1,329″ oder $1\frac{1}{3}$ Zoll als Maximum.

18. Ist der Apparat bis auf 12″ ausgezogen, die Oeffnung des schiefen Spiegels 0,5″ vertical unter dem Durchschnittspunkte beider Spiegel, haben β und σ die angenommene Bedeutung und ist b die Gröfse der Zeichnung, so ist

$$\tfrac{1}{2}\,b = (12 + 0,5 \text{ tgs}.\beta) \text{ tgs}.\sigma.$$

Setzen wir hier $\beta = 25^0$, so ist nach No. 15 höchstens $\sigma = 20$, und berechnen wir hieraus b, so finden wir $\frac{1}{2}b = 4,452$, so dafs das Maximum der Zeichnung noch nicht 9″ beträgt. Ist $\beta = \sigma = 22\frac{1}{2}{}^0$, so wird $\frac{1}{2}b = 5''$ und also das Maximum der Zeichnung $= 10''$. Für den Winkel β könnte man also 20 bis 25^0 setzen, wodurch No. 10 vollständigere Erledigung fände.

19. Bis jetzt ist immer angenommen, dafs der Apparat ohne Lupen gebraucht werde. Schiebt man zwischen Auge und Object hinter dem schiefen Spiegel eine Lupe ein, so ändert sich in der ganzen Untersuchung nichts weiter,

als dafs der Sehwinkel des Objectes vergröfsert wird; folglich wird die Zeichnung in demselben Verhältnisse gröfser, als dieser Winkel vergröfsert worden ist.

VI. *Beitrag zur Dioptrik optisch einaxiger Krystalle; von* **Beer** *in Bonn.*

Wir behandeln hier die Frage, welches die Bewegung des in einem einaxigen Krystalle aufserordentlich gebrochenen Strahles sey, wenn der einfallende Strahl um das Einfallsloth rotirt. Man denke sich in Fig. 4 Taf. III die Huyghens'sche Construction ausgeführt. XX' ist die brechende Fläche der nach unten liegenden Krystallmasse, PQ die einfallende, RT die aufserordentlich gebrochene Welle, also SP der einfallende, PT der aufserordentliche Strahl. Wir legen ein rechtwinkliges Coordinatensystem zu Grunde, dessen Z-Axe in das Loth AL, und dessen X-Axe in den Durchschnitt der Einfalls- und der brechenden Ebene fällt. Gehen wir von der Lage aus, wo die Einfallsebene dem Hauptschnitte der Platte parallel ist, so hat man, unter u, v, w die Cosinus der Winkel verstanden, welche die optische Axe mit den Coordinatenaxen einschliefst, $v=0$, und die Gleichung der aufserordentlichen Wellenfläche wird:

$$W \equiv a(x^2+y^2+z^2)+b(ux+wz)^2-1=0.$$

Bezeichnen wir mit x', y', z' die Coordinaten des Berührungspunktes der Wellenebene und der Wellenfläche, so ist die Gleichung jener:

$$\frac{dW}{dx'}(x-x')+\frac{dW}{dy'}(y-y')+\frac{dW}{dz'}(z-z')=0.$$

Der Durchschnitt dieser Ebene und der brechenden Ebene hat im Systeme XY die Gleichung:

$$L \equiv \frac{dW}{dx'}(x-x') + \frac{dW}{dy'}(y-y') + \frac{dW}{dz'}(-z') = 0.$$

Und diese Durchschnittslinie mufs offenbar, wenn wir den einfallenden Strahl um das Loth rotiren lassen, ohne den Incidenzwinkel i zu ändern, fortwährend den Kreis berühren, den man in der brechenden Ebene um P als Centrum mit dem Radius $PR=r$ beschreiben kann. Die Gleichung dieses Kreises im Systeme XY ist:

$$k \equiv x^2 + y^2 - r^2 = 0.$$

Und damit dieser Kreis von der Geraden L berührt werde, mufs seyn:

$$\frac{\left[x'\frac{dW}{dx'} + y'\frac{dW}{dy'} + z'\frac{dW}{dz'}\right]^2}{\left(\frac{dW}{dx'}\right)^2 + \left(\frac{dW}{dy'}\right)^2} = r^2$$

Nun ist aber:

$$x'\frac{dW}{dx'} + y'\frac{dW}{dy'} + z'\frac{dW}{dz'} = 2 \text{ und } \left(\frac{dW}{dx'}\right)^2 + \left(\frac{dW}{dy'}\right)^2 = [2ax' + 2bu(ux' + wz')]^2 + (2ay')^2,$$

folglich haben wir:

$$\frac{1}{r^2} - [ax' + bu(ux' + wz')]^2 + a^2y'^2 = 0.$$

Aus dieser Gleichung und der Gleichung W, die ebenfalls von den Coordinaten x', y', z' befriedigt werden mufs, leitet man leicht die folgende ab:

$$K \equiv x^2\left[a + bu^2 - \frac{1}{r^2}\right]\left[a + bu^2\right] + y^2\left[a - \frac{1}{r^2}\right]a$$
$$+ z^2\left[b^2u^2w^2 - \frac{a + bw^2}{r^2}\right] + 2xz\left[a + bu^2 - \frac{1}{r^2}\right]buw = 0.$$

Sie stellt einen Kegel des zweiten Grades dar, dessen Spitze in P liegt, und somit haben wir den Satz:

Beschreibt der einfallende Strahl um das Einfallsloth als Axe einen Rotationskegel, so beschreibt der aufserordentlich gebrochene Strahl einen elliptischen Kegel, von dessen Hauptschnitten einer in den optischen Hauptschnitt zu liegen kommt.

Dieses Theorem ist übrigens nur ein besonderer Fall des folgenden allgemeineren:

Beschreibt der einfallende Strahl um das Einfallsloth als Axe einen Kegel des zweiten Grades, so bewegt sich der aufserordentlich gebrochene Strahl ebenfalls auf dem Mantel eines Conus vom zweiten Grade.

Da wir aber hier blofs den einfacheren Fall betrachten wollen, so bemerken wir nur noch, dafs sich der Beweis des allgemeineren zunächst auf die beiden folgenden, auch an und für sich nicht uninteressanten geometrischen Lehrsätze stützt. 1) *Beschreibt man um die Tangenten eines Kegelschnittes Rotationscylinder von ein und demselben Radius, und legt an diese von dem Mittelpunkte aus Tangentialebenen, so umhüllen diese einen Kegel des zweiten Grades, sowie auch die im Mittelpunkte auf die Berührungsebenen errichteten Normalen einen Kegel des zweiten Grades bilden.* Die gemeinsame Axe der Supplementskegel steht im Mittelpunkte auf dem Kegelschnitte senkrecht. 2) *Legt man an eine ebene Curve des zweiten Grades und eine Fläche des zweiten Grades, die concentrisch sind, Berührungsebenen, so liegen die Punkte, in denen die Fläche berührt wird, auf einem Kegel des zweiten Grades, welcher der Curve und der Fläche concentrisch ist.*

Um die näheren Verhältnisse des oben erwähnten Kegels zu finden, schneiden wir ihn zunächst mit einer Ebene, die der brechenden Ebene parallel und von ihr um die Längeneinheit entfernt ist. Die Gleichung der elliptischen Durchschnittslinie, auf die XY-Ebene projicirt, ist, wenn die aufeinanderfolgenden Coëfficienten in der Gleichung K mit A, B etc. bezeichnet werden:

$$E \equiv Ax^2 + By^2 + C - Dx = 0.$$

Bezeichnen wir nun die auf dem Hauptschnitte senkrechte Axe der Ellipse E durch α und die zweite im Hauptschnitte gelegene durch β, so ist:

$$\frac{\alpha^2}{\beta^2} = \frac{A}{B} = \frac{\left[a + bu^2 - \frac{1}{r^2}\right]\left[a + bu^2\right]}{a\left[a - \frac{1}{r^2}\right]}.$$

Ohne die Allgemeinheit zu stören können wir noch in Fig. 4 Taf. III. $QR = 1$ setzen; alsdann wird:

$$\frac{1}{r} = \sin i, \quad a = \varepsilon^2, \quad b = \omega^2 - \varepsilon^2,$$

wenn ω und ε den ordentlichen und aufserordentlichen Hauptbrechungsquotienten der Krystallplatte ist. Somit können wir schreiben:

$$\frac{\alpha^2}{\beta^2} = \frac{[\varepsilon^2 w^2 + \omega^2 u^2 - \sin i^2][\varepsilon^2 w^2 + \omega^2 u^2]}{\varepsilon^2 [\varepsilon^2 - \sin i^2]}$$

$$= \frac{\left[1 + \left(\frac{\omega^2}{\varepsilon^2} - 1\right) u^2 - \frac{\sin i^2}{\varepsilon^2}\right] \left[1 + \left(\frac{\omega^2}{\varepsilon^2} - 1\right) u^2\right]}{1 - \frac{\sin i^2}{\varepsilon^2}}.$$

Dieser Ausdruck zeigt an, dafs $\alpha > \beta$ wird, wenn $\omega > \varepsilon$ ist, sowie dafs für $\omega < \varepsilon$ auch $\alpha < \beta$ wird. *In einem negativen Krystalle liegt also vom Kegel K der Hauptschnitt der gröfsten Oeffnung senkrecht zum optischen Hauptschnitte, und in einem positiven Krystalle fallen diese Hauptschnitte zusammen.*

Ferner sieht man leicht ein, *dafs das Axenverhältnifs der Ellipse E in einem negativen Krystalle bei senkrechter Incidenz ein Minimum, und bei der streifenden Incidenz ein Maximum wird, sowie, dafs sich diese Verhältnisse bei einem positiven Krystalle umkehren.*

Bei der senkrechten Incidenz geht jedoch immer der Kegel K in eine gerade Linie über und verschwinden die Halbaxen α und β. Nehmen wir für unsere Platte ein natürliches Kalkspathrhomboëder, so wird:

$$\operatorname{arc}\cos w = 44^\circ\, 37', \quad \operatorname{arc}\cos u = 45^\circ{,}23'.$$

Und für den mittleren Strahl E ergeben sich bei den Incidenzen 0°, 45°, 90° folgende Werthe für das Verhältnifs $\frac{\alpha}{\beta}$:

1,1227, 1,1404, 1,1721.

Die Werthe des Ausdruckes $a + b u^2 = \varepsilon^2 + (\omega^2 - \varepsilon^2) u^2$ liegen immer zwischen ε^2 und ω^2, und somit kann in der Gleichung K der Coëfficient von xz nur verschwinden, d. h. es kann die Axe des Kegels K nur dann mit dem Einfalls-

lothe zusammenfallen, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

$$1)\ b=0,\ 2)\ u=0,\ 3)\ w=0.$$

In dem ersten Falle wird das Mittel einfach brechend, und geht der elliptische Conus in einen Rotationskegel über. Letzteres tritt auch im zweiten Falle ein, wo die optische Axe auf der brechenden Fläche senkrecht steht. In dem dritten Falle aber, wo die optische Axe in der brechenden Fläche liegt, bewahrt der Conus seine Ellipticität. Wir haben dann:

$$\frac{\alpha^2}{\beta^2}=\frac{\omega^2(\omega^2-\sin i^2)}{\varepsilon^2(\varepsilon^2-\sin i^2)}.$$

Diese Formel liefert bei einer mit der optischen Axe parallel geschnittenen Kalkspathplatte folgende Werthe für des Axenverhältnifs $\frac{\alpha}{\beta}$ bei den drei Incidenzen 0°, 45° und 90°:

1,2321, 1,2845, 1,3472.

Setzen wir in der Gleichung der Ellipse E $y=0$, so sind die Wurzeln der resultirenden quadratischen Gleichung die Entfernungen s_1 und s_2 der im optischen Hauptschnitte gelegenen Scheitel der Ellipse E vom Einfallslothe. Wir finden für sie:

$$s=\frac{D}{2A}\pm\sqrt{\left(\frac{D}{2A}\right)^2-\frac{C}{A}}$$

Die Entfernung des Mittelpunktes der Ellipse E vom Einfallslothe ist hiernach:

$$\tfrac{1}{2}(s_1+s_2)=\frac{D}{2A}=\frac{buw}{a+bu^2}.$$

Dieser Ausdruck ist vom Incidenzwinkel i unabhängig, *also bewahrt der Mittelpunkt der Ellipse E in ein und derselben Krystallplatte bei jeder Incidenz dieselbe Lage.*

Die in dem Ausdrucke für s vorkommende Gröfse A ist positiv, somit wird der eine Werth von s gröfser als Null, gleich Null, oder kleiner als Null, je nach dem $C>0$, oder $=0$, oder <0 ist. Je nach dem eine dieser Bedingungen erfüllt ist, liegt also der Kegel der aufser-

or-

ordentlichen Strahlen ganz aufserhalb des Lothes, geht er durch letzteres, oder umschliefst er es. Man findet leicht, dafs jene Bedingungen bezüglich durch die drei folgenden ersetzt werden können:

$$\sin i^2 \begin{smallmatrix}<\\=\\>\end{smallmatrix} \frac{(\omega^2-\varepsilon^2)^2}{\frac{\omega^2}{u^2}+\frac{\varepsilon^2}{w^2}}.$$

Diesem entsprechend findet man bei einem natürlichen Kalkspathrhomboëder:

$$i \begin{smallmatrix}<\\=\\>\end{smallmatrix} 10^\circ\, 3'.$$

Fällt also ein Lichtstrahl im Hauptschnitte des Rhomboëders von der einen (leicht zu findenden) Seite her unter der Incidenz $10^\circ\, 3'\, 53''$ auf, so steht der aufserordentlich gebrochene Strahl senkrecht auf der Platte und wird somit stärker abgelenkt als der ordentlich gebrochene. In dem Obigen liegt der allermeist in den Lehrbüchern übersehene Umstand implicirt, *dafs derselbe Krystall für Strahlen sowohl attractiv oder positiv, als auch repulsiv oder negativ, seyn kann.* In Bezug auf die Normalen der Wellen hält sich jedoch die Unterscheidung positiver und negativer Krystalle streng aufrecht.

Aus den gefundenen Werthen von s_1 und s_2 läfst sich leicht die Oeffnung des Kegels K im optischen Hauptschnitte ableiten. Bezeichnen wir diese nämlich mit δ, so ist:

$$\operatorname{tang}\delta = \frac{\sqrt{D^2-4AC}}{A+C} = \frac{2\varepsilon\omega\sin i\sqrt{\omega^2u^2+\varepsilon^2w^2-\sin i^2}}{\omega^4u^2+\varepsilon^4w^2-(\omega^2+\varepsilon^2)\sin i^2}.$$

Mittelst derselben Ausdrücke findet man auch die Lage der Kegelaxe. Schliefst sie mit dem Einfallslothe den Winkel φ ein, so ist

$$\operatorname{tang}2\varphi = \frac{-B}{A-C}$$

$$= -\frac{2(\omega^2-\varepsilon^2)(\omega^2u^2+\varepsilon^2w^2-\sin i^2)uw}{\varepsilon^2(\varepsilon^2+2[\omega^2-\varepsilon^2]u^2)+(\omega^2-\varepsilon^2)([\omega^2-\varepsilon^2]u^2-\sin i^2)(u^2-w^2)}.$$

Der Zähler dieses Ausdruckes kann nur mit dem Producte $(\omega^2-\varepsilon^2)uw$ verschwinden. Die Axe des Kegels fällt also nur dann mit dem Lothe zusammen, wenn 1) das Mittel einfach brechend wird, 2) die optische Axe in der bre-

chenden Fläche liegt, 3) die optische Axe auf der brechenden Fläche senkrecht steht.

Wir wollen noch untersuchen, in welchem Verhältnisse die Rotation des einfallenden Strahles um das Loth zu der des gebrochenen steht. Es seyen wieder x', y', z' die Coordinaten des Berührungspunktes der gebrochenen Welle und des Berührungspunktes, und x_1, y_1 seyen die Coordinaten des Punktes, in dem der zu Anfang erwähnte Kreis k von der der Welle entsprechenden Geraden L berührt wird. Der Winkel $\varrho = \operatorname{arctang}\frac{y_1}{x_1}$ mifst dann die Rotation des einfallenden Strahles um das Loth, sowie $\sigma = \operatorname{arctang}\frac{y'}{x'}$ die des aufserordentlich gebrochenen Strahles. Man hat nun:

$$ax' + bu(ux' + wz') = \frac{x_1}{r^2},\quad ay' = \frac{y_1}{r^2},$$

woraus folgt:

$$ux' + wz' = \frac{\frac{x_1}{r^2} - ax'}{bu},\quad y' = \frac{y_1}{ar^2},\quad z' = \frac{\frac{x_1}{r^2} - (a + bu^2)x'}{buw}.$$

Und diese Werthe in die Gleichung W der Wellenfläche gesetzt, kommt:

$$x'^2 . a(a+b)(a+bu^2) - 2x' . a(a+b)\frac{x_1}{r^2}$$
$$= b^2 u^2 w^2\left(1 - \frac{y_1^2}{ar^4}\right) - (a + bw^2)\frac{x_1^2}{r^4}.$$

Das erste Glied dieser Gleichung dividiren wir mit y'^2, das zweite durch den gleichen Werth $\frac{y' y_1}{ar^2}$ und das letzte durch den ebenfalls gleichen Werth $\frac{y_1^2}{a^2 r^4}$. Auf diese Weise erhalten wir, indem wir letzlich der Uebereinkunft gemäfs $\frac{y'}{x'} = \operatorname{tang}\sigma$ und $\frac{y_1}{x_1} = \operatorname{tang}\varrho$ setzen:

$$\frac{1}{\operatorname{tang}\sigma^2}(a+b)(a+bu^2) - \frac{1}{\operatorname{tang}\sigma . \operatorname{tang}\varrho}(a+b) + \frac{1}{\operatorname{tang}\varrho^2}a(a+bw^2)$$
$$= b^2 u^2 w^2\left(\frac{ar^2}{\sin\varrho^2} - 1\right).$$

In dem besonderen Falle, wo die optische Axe in der

brechenden Fläche liegt, ergiebt sich die einfache Beziehung:

$$\frac{\operatorname{tang} \varrho}{\operatorname{tang} \sigma} = \frac{\varepsilon^2}{\omega^2},$$

in Worten: *Bei einer der optischen Axe parallel geschnittenen Krystallplatte bleibt das Verhältnifs zwischen den Tangenten der Winkel, welche die Projectionen des einfallenden und aufserordentlich gebrochenen Strahles auf der brechenden Fläche zurücklegen, constant, und zwar ist sein Werth dem Quadrate des Quotienten der beiden Hauptbrechungsindices gleich.*

Auch die Normale der aufserordentlichen Wellen beschreibt, wenn der einfallende Strahl in der oben angegebenen Weise rotirt, einen Kegel des zweiten Grades. Es ergiebt sich diefs leicht aus dem folgenden geometrischen Lehrsatze: *Legt man in den Punkten der Durchschnittslinie zweier concentrischen Flächen des zweiten Grades an die eine und andere von ihnen Tangentialebenen, so bilden die vom gemeinsamen Mittelpunkte auf diese Ebenen herabgelassenen Perpendikel einen Kegel des zweiten Grades.* Indem wir zusammenfassen erhalten wir folgenden allgemeinen bemerkenswerthen dioptrischen Lehrsatz:

Beschreibt ein Lichtstrahl, der auf eine optisch-einaxige doppeltbrechende Krystallplatte trifft, um das Einfallsloth als Axe einen Kegel des zweiten Grades, so beschreiben der ordentlich und aufserordentlich gebrochene Strahl, sowie die Normalen der ordentlich und aufserordentlich gebrochenen Wellen ebenfalls einen Kegel des zweiten Grades.

Wenn man, ohne den einfallenden Strahl zu änderen, die Krystallplatte um das Einfallsloth rotiren läfst, so bewegt sich der aufserordentliche Strahl auf dem des Weiteren besprochenen elliptischen Conus, während gleichzeitig die Axe des letzteren mit derselben Geschwindigkeit wie die Platte rotirt und um deren Normale als Axe einen Rotationskegel beschreibt. In Folge dieser doppelten Bewegung beschreibt der aufserordentliche Strahl einen Kegel,

dessen Betrachtung wohl zu keinem einfachen Resultate führen dürfte.

VII. *Ueber einige barometrische Beobachtungen und die Folgerungen zu denen sie veranlassen; von A. Erman.*

Fast ebenso lange als die Abhängigkeit ermittelt ist, die zwischen den Barometerständen und Lufttemperaturen an zweien Punkten einerseits, und dem Unterschiede ihres Abstandes vom Meeresniveau oder sogenannten Höhenunterschiede von der andern Seite stattfindet, hat man auch anerkannt, dafs dieselbe nur dann gilt, wenn der Theil der Atmosphäre, der jene Punkte enthält, während der Beobachtungen im Zustande des Gleichgewichts ist. In einer bewegten Luftmasse können namentlich die Niveauflächen oder Oberflächen gleichen Druckes, von *horizontalen Oberflächen* verschieden seyn, und schon dadurch der, unter der entgegengesetzten Voraussetzung, aus zwei gleichzeitigen Barometerablesungen geschlossene Höhenunterschied um so fehlerhafter werden, je weiter die Verticalen durch beide Beobachtungspunkte von einander abstehen. — Die Vorschrift, dafs man die zu vergleichenden Punkte *möglichst nahe an einerlei Verticale* zu wählen habe, enthielt eine Anerkennung jenes Umstandes. Da aber eine *strenge* Befolgung dieser Vorschrift kaum jemals, und selbst eine *angenäherte* nur unter äufserster Beschränkung der Nutzbarkeit des barometrischen Höhenmessens möglich ist, so hat man bald noch andere Mittel gesucht, um, trotz beliebiger Gestaltung der momentanen Oberflächen gleichen Luftdrucks, aus beobachteten Werthen, auf den richtigen Höhenunterschied zu schliefsen. — Das gewöhnlichste und am längsten übliche bestand darin, dafs man die Barometerablesungen *und Temperatur*beobachtungen an den zu vergleichenden

Punkten oft genug wiederholte, um das arithmetische Mittel aus den einen und das aus den andern, als diejenigen Werthe betrachten zu können, die, abgesehen von den periodischen und den sogenannten zufälligen Veränderungen, fortwährend stattfinden, und sich daher auch an einerlei Ort, aus Beobachtungsreihen in beliebig verschiedenen Epochen, hinlänglich nahe gleich ergeben würden, sofern nur jede derselben einen genügend langen Zeitraum umfafste. Es war zu erwarten, und hat sich auch in der Praxis bestätigt, dafs die wesentlichsten Veränderungen des Barometerstandes, ebensowohl wie die der Lufttemperatur, eine einjährige Periodicität besitzen, und dafs demnach das sogenannte *Jahres*mittel auch für diese Erscheinung an jedem Punkte der Erde eine *nahe constante Gröfse* ist.

Die fernere Annahme, dafs man aus dergleichen Jahresmitteln des Barometer- und des Thermometerstandes nun auch den Höhenunterschied zweier, von einander beliebig entfernter Punkte finden, und namentlich nach demjenigen Ausdruck zu berechnen haben werde, welcher die Atmosphäre im Gleichgewicht voraussetzt, war dagegen von Anfang an völlig willkürlich und auf nichts begründet — und es ist sogar eine der auffallenderen Folgen der Anhänglichkeit an einmal eingewurzelten Vorstellungen, dafs man dieselbe auch jetzt noch sehr verbreitet findet, nachdem sie während der letzten Jahrzehnte auf mehrfache Weise eine directe Widerlegung erhalten hat.

Um jene Annahme zu begründen, hätte man nämlich entweder:

1) nachweisen müssen, dafs in der Oberfläche des Meeres die *mittleren Werthe* des Luftdruckes überall dieselben sind, oder

2) dafs die nach *mittleren Barometerständen* und unter der Voraussetzung der Horizontalität der Niveauschichten berechneten Höhenunterschiede, mit trigonometrisch gemessenen übereinstimmen, oder endlich

3) direct beweisen, dafs die Luft an jedem Orte nur Bewegungen von einjähriger Periodicität besitze und daher

in der That um einen, im Durchschnitte stattfindenden, Zustand der Ruhe schwanke. — Eine jede dieser drei Untersuchungen hat aber das Gegentheil von dem eben Genannten, mit einer Entschiedenheit ergeben, an die ich hier mit einigen Worten erinnere, um vielleicht endlich auch über die Angelegenheit des barometrischen Höhenmessens eine richtigere, von der bisherigen aber durchaus verschiedene, Ansicht zur Anerkennung zu bringen.

Barometerablesungen, die ich im J. 1829 bei dem Uebergange über das zwischen 62° und 60° Breite gelegene Aldanische Gebirge nach der Ostküste von Nord-Asien machte, ergaben auch zuletzt noch so kleine Werthe des Luftdrucks, dafs ich, dem herkömmlichen Raisonnement gemäfs, an einem neblichen Tage noch hoch über dem Meere zu seyn glaubte, obgleich sich bald darauf zeigte, dafs wir uns auf einer, während der täglichen Fluthen vielfach überstauten Ebene, in der Nähe von Ochozk befanden. Während des folgenden Aufenthaltes in Ochozk selbst, und an mehreren Punkten der Kamtschatischen Küsten, fanden sich dann auch die *mittleren Barometerstände* so niedrig, dafs man, unter Anwendung der gewöhnlichen hypsometrischen Rechnung auf dieselben, den *dortigen Meeresspiegel* um 300 bis 400 Pariser Fufs höher wie den an den Europäischen Küsten zu erklären hätte. Man hätte vielleicht auch diese Erscheinung, eben so wie einen schon früher von Hrn. v. Buch wahrgenommenen niedrigen Barometerstand an einigen Punkten der Westküste von Norwegen, unter dem nichtssagenden Namen von »localen Anomalien,« unbeachtet gelassen — aber Ablesungen, die während drei Jahren bei einer Fahrt durch den Grofsen und durch den Atlantischen Ocean, an einem Barometer gemacht wurden, welches ich mit dem auf Kamtschatka gebrauchten verglichen hatte, zeigten bald darauf, dafs jene im Meeresspiegel beobachteten, kleineren Werthe des mittleren Barometerstandes nur als einzelne Beispiele einer vollständigen Abhängigkeit dieser Gröfse von der Breite und von der Länge der Orte, an denen

sie vorkommt, zu betrachten seyen [1]). Um den Ausdruck dieser Abhängigkeit zu ermitteln, wird es nun ebenso zahlreicher und lange fortgesetzter Beobachtungen bedürfen, wie diejenigen, welche der mathematischen Darstellung des Erdmagnetismus vorhergingen. Einzelne auffallendere Züge derselben haben sich indessen schon aus jenen ersten Versuchen zu ihrer Bestimmung ergeben. So namentlich der Umstand, dafs auf jedem der durch den Grofsen und der durch den Atlantischen Ocean gehenden Meridiane, der mittlere Barometerstand ganz nahe am Aequator ein relatives Minimum erreicht und zwei Maxima, von denen in jeder Halbkugel eines, bei der dem Pole zugekehrten Gränze derjenigen Zone gelegen ist, in welcher der Passatwind ununterbrochen weht, d. h. bei etwa 23° bis 25° nördlicher und südlicher Breite. Der Unterschied dieser, verhältnifsmäfsig nahe bei einander vorkommenden, Extreme beträgt, auf den Meridianen auf denen er bis jetzt bestimmt ist, etwa 1,5 Pariser Linien für die Barometerstände selbst und daher 1,7 bis 1,8 Par. Linien für die entsprechenden Werthe des *Luftdruckes*, die man durch Reduction dieser Stände, wegen der Ungleichheit der Schwerkräfte, die in ihre Maafseinheiten eingehen, erhält. In Folge der einfacheren Gesetze, durch welche sich alle atmosphärischen Veränderungen in den tropischen Zonen vor den entsprechenden unter höheren Breiten auszeichnen, ist dieses Verhalten, durch die genannte Beobachtungsreihe und durch eine zweite, die Hr. J. Herschel bei seiner Reise zum Vorgebirge der guten Hoffnung anstellte, schon mit beträchtlicher Annäherung bekannt geworden, zugleich aber auch, in einer Weise die an ihrer Existenz nicht zu zweifeln erlaubt, eine Abnahme des Barometerstandes und der ihm entsprechenden Gröfse des Luftdruckes von den Polargränzen der Passat-

1) Meteorolog. Beobachtungen bei einer Seereise durch den Grofsen und durch den Atlantischen Ocean u. s. w. in Schumacher's Astronom. Jahrb. für 1840 und in Archiv für Wissenschaftl. Kunde von Rufsland. Bd. III, S. 465.

zonen bis zu höheren Breiten. Sie ist auf verschiedenen Meridianen keineswegs gleich, aber z. B. in der südlichen Halbkugel auf dem Meridian des Cap Hoorn, eben so stark wie in der nördlichen auf den durch das Ochozker Meer und durch Kamtschatka gerichteten. Auch scheint, dem ersteren Ausspruch gemäfs, bei gleicher Breite der mittlere Barometerstand auf dem Grofsen Ocean beträchtlich kleiner (um etwa 1,4 Par. Lin.) als auf dem Atlantischen.

Was nun zweitens die Vergleichung von Höhenunterschieden betrifft, die einerseits durch trigonometrische Bestimmung und andererseits aus mittleren Barometerständen, unter der Annahme erhalten wurden, dafs der mittlere Zustand der Atmosphäre der der Ruhe sey, so hat auch sie die Unstatthaftigkeit dieser Annahme schon vielfach bewiesen. Anstatt der im Jahre 1835, bei Gelegenheit der Bessel'schen Pendelversuche, trigonometrisch bestimmten Höhe von 99,7 Par. Fufs für das Flufsniveau (Normalstand des Oberwassers) bei Berlin über der Ostsee, hatten die mittleren Barometerstände an den betreffenden Punkten einen verschwindenden oder sogar negativen Werth ergeben [1]), und es ist ebenso eine Folge des Mangels an Horizontalität der mittleren Niveauschichten, dafs sich, unter Voraussetzung derselben, aus barometrischen Beobachtungen die Höhe des Schwarzen Meeres zu 256 Par. Fufs über dem Kaspischen Meere ergeben hat, während eben diese Höhe nach einer zuverlässigen Triangulation nur 94,9 Par. Fufs beträgt. Ferner würde man, immer unter

1) Unter Anderen fand Lohrmann aus mittleren Ständen die Höhe des Barometer
im mathematischen Salon in Dresden über dem Meere 288,96 Par. Fufs.
und Berghaus ebenso dieselbe über Berlin (Oberwasser) . . . . 276,48 » »
und daher Berlin (Oberwasser) 12,42 Par. Fufs über dem Meere.
Ferner für 20 Par. Fufs über der Spree bei Berlin mittlerer Barometerstand (1825 und 1826) . . . . . . 337,020 Par. Lin.
Mittlerer Barometerstand im Meeresniveau bei Swinemünde und Apenrade . . . . 337,008 » »
und daher Berlin (Wasserstand) . . . 19 Par. Fufs unter dem Meere!

der mehrgenannten Annahme, in der Nähe des Weifsen Meeres bei Archangelsk durch Vergleichung der mittleren Barometerstände mit dem bei Petersburg beobachteten, die Höhen der Orte um mehr als 150 Par. Fufs zu grofs erhalten u. s. w.

Ueber den auf zwei Wegen bereits widerlegten Grundsatz bliebe somit nur noch eine entscheidende Untersuchung und zwar die directeste übrig, indem man, abgesehen von dem Zeugnisse des Barometerstandes, den Zustand ermittelte, in dem sich ein bestimmter Theil der Atmosphäre nach Ausgleichung seiner periodischen Bewegungen befinden würde. Gerade auf diesem Wege hat sich nun aber die Thatsache, dafs die Atmosphäre, ihrem mittleren Zustande nach, aus einer in starker Strömung befindlichen Flüssigkeit besteht, mit solcher Evidenz ergeben, dafs die gleichzeitige Benutzung der entgegengesetzten Annahme ohne jede Entschuldigung geblieben ist. In dem gröfsten Theile der nördlichen sowohl als der südlichen tropischen Zone der Erde, weht einer der sogenannten Passatwinde stets nach einerlei Richtung, mit so geringen Veränderungen seiner Intensität, dafs für mehr als 92 Breitengrade oder für mehr als ein Viertel der meisten Meridiane, die regelmäfsige Strömung der sie berührenden Luft sogar durch Beobachtungen von kürzester Dauer bewiesen wird. Diese Strömung zeigt sich, nach den oben erwähnten Erfahrungen, mit dem Barometerstande, in der Weise zusammenhängend, dafs der Luftdruck, innerhalb der Zone in der sie herrscht, regelmäfsig abnimmt von der Linie, welche die Anfangspunkte der Windrichtungen enthält (und die mit einem Parallelkreise von 23 bis 25 Breite nahe übereinkömmt) gegen diejenige, welche deren Endpunkte verbindet. — Dafs aber auch an den meisten unter höheren Breiten gelegenen Orten, die, nach Richtung und Intensität weit veränderlicheren, Strömungen der Luft sich keineswegs ausgleichen, sondern vielmehr an jedem derselben zu einer ganz bestimmten Resultante zusammensetzen, ist nahe eben so vollständig erwiesen. Die Stämme der einzeln und frei-

stehenden Bäume, findet man fast an jedem solchen Orte, nach einer bestimmten Seite gegen die verticale Richtung geneigt, die sie sowohl in einer ruhenden Luftmasse angenommen haben würden, als auch in einer deren periodische Bewegungen einander aufhöben und, der Erwartung gemäfs, stimmt dann auch die Verticalebene in der diese Neigung erfolgt ist, mit derjenigen, welche eine anderweitig gefundene mittlere oder herrschende Windrichtung enthält, so vollständig überein, wie es ein Fehler der Methode zuläfst, die man bisher zur Bestimmung dieser letzteren angewandt hat. Der von Lambert gemachte Vorschlag: die Richtungen, die Geschwindigkeiten und die Dauern der Luftbewegungen, die an einen bestimmten Orte im Laufe eines Jahres vorkommen, einzeln zu ermitteln, und dann, mit Hülfe der ersteren, die *Producte aus den zusammengehörigen Werthen der beiden letzteren* nach dem Satze von dem Parallelogramm der Kräfte zu derjenigen resultirenden Bewegung zu verbinden, die daselbst an der Oberfläche der Erde aufser allen periodischen Bewegungen stattfindet, ist bekanntlich für viele Orte, aber immer in einer nur *angenäherten Weise*, ausgeführt worden. Anstatt die Geschwindigkeiten der einzelnen Bewegungen zu messen, hat man nämlich angenommen, dafs dieselben einander nahe genug gleich seyen, um die Summe ihrer Dauern der Summe der Producte aus ihren Dauern und Geschwindigkeiten proportional setzen zu dürfen, und um als Maafs für die Intensitäten der einzelnen Winde die *constant vorausgesetzte Luftmenge* wählen zu können, die in der Zeiteinheit an dem betrachteten Orte einströme. Die *Winkelangaben* und die *Aliquoten* der eben genannten *Intensitätseinheit*, die man für die Richtung und für die Stärke des mittleren Windes an verschiedenen Punkten erhalten hat, sind demnach noch bei weitem nicht so zuverlässig, wie sie durch die leichte Zugabe von anemometrischen Messungen, zu den Beobachtungen die ihnen zu Grunde liegen, werden würden. Die beträchtliche Gröfse, welche viele derselben für die fragliche Resultante erge-

ben und die nahe Uebereinstimmung der Richtungen die sie ihr anweisen, sowohl unter einander, wenn sie sich auf benachbarte Orte beziehen, als auch für einen einzelnen Ort mit der erwähnten Einwirkung der Luftströmungen auf die Bäume, lassen indessen an der *Existenz* des Gesuchten durchaus keinen Zweifel übrig, und es gehört vielmehr zu den sichersten physikalischen Erfahrungen, dafs die periodischen Bewegungen der unteren Luftschichten, Schwankungen um den Zustand fortwährenden Strömens sind. Dafs durch dieses *allgemeine* Verhalten, dafs Vorkommen einer durchschnittlichen Ruhe an *besonderen* Punkten nicht ausgeschlossen wird, bedarf wohl keiner Erinnerung.

Diese wesentliche Eigenthümlichkeit der Atmosphäre übt nun auf die Schlüsse, die von den mittleren Barometerständen an verschiedenen Punkten, eben sowohl als von den momentanen, zu den Höhenunterschieden zwischen denselben führen, einen zweifachen Einflufs, indem sie zunächst, wie schon oben angedeutet, eine besonders zu ermittelnde Gestalt der Niveauflächen an die Stelle der Horizontalität derselben zu setzen zwingt, sodann aber auch die zweite Grundlage der sogenannten hypsometrischen Formel: dafs für zwei Punkte derselben Verticale der Unterschied der Barometerstände, dem Gewichte der zwischen beiden gelegenen Luft proportional sey, als nicht mehr völlig streng erscheinen läfst. Die Abänderung, welche diese zweite Voraussetzung in dem Falle der Bewegung zu erleiden hat, ist von der jedesmaligen Beschaffenheit dieser Bewegung in einer Weise abhängig, welche deren Ausführung noch nicht gestattet. Es ist indessen sehr wahrscheinlich, dafs ihre Vernachlässigung weit weniger auf den zu ermittelnden Höhenunterschied wirken wird, als die Vernachlässigung der Neigung der Niveauflächen gegen die Horizontalen. Die *Bestimmung* dieser letzteren und ihre Anwendung zur Ermittelung des Barometerstandes an einem Punkte von bekannter Höhe, in der Verticale desjenigen, dessen Höhe gesucht wird, verspricht eben deshalb eine beträchtliche Annäherung an die Wahrheit, selbst

wenn man darauf, innerhalb jener Verticale, die den Zustand der Ruhe voraussetzende hypsometrische Formel anwendet.

Schon im Jahre 1835 ist nun von Bessel in einer Abhandlung über Höhenbestimmungen durch das Barometer [1]) eine Methode vollständig entwickelt worden, welche den Einfluſs *momentaner* Störungen des Gleichgewichts der Atmosphäre, auf die zu messenden Höhen der Fluſsniveaus und anderer ausgezeichneten Punkte eines gröſseren Landstriches so weit verringern sollte, wie es die so eben genannte Voraussetzung erlaubt. Es wurden dabei die Höhen von mehreren Orten, von denen man fortlaufende Ablesungen stationärer meteorologischer Instrumente zu erhalten hat, während ein oder mehrere Reisende dergleichen mit transportablen Instrumenten an den zu bestimmenden Punkten ausführen, als *schon bekannt* angenommen, und zwar sollten dieselben, wie der Verfasser ausdrücklich bemerkt, mit den, jenen Orten zukommenden, *mittleren Werthen des Luftdrucks*, unter der nun falsch gefundenen Voraussetzung berechnet werden, daſs sich an jedem einzelnen Punkte die Bewegungen der Atmosphäre in genügenden Zeiträumen einander ausgleichen. Es ist aus dem Obigen klar daſs eine genaue Befolgung dieses Verfahrens anstatt der Abweichung der betreffenden Niveauflächen von der Horizontalität, deren Abweichung von ihrer, *nicht horizontalen*, mittleren Gestalt gesetzt und in Folge davon auch um nichts weniger fehlerhafte Resultate geliefert haben würde, wie die Verbindung *mittlerer* Barometerstände, unter der Voraussetzung, daſs sie zum Ruhezustand der Atmosphäre gehören. So würde man z. B. durch ein auf eben diese Weise ausgeführtes barometrisches Nivellement, das von Berlin bis zum Meere stattfindende Fluſsgefälle wiederum verschwindend gefunden und dagegen die von dem Schwarzen Meere gegen das Kaspische stattfindenden Senkungen des Terrains, im Durchschnitt auf mehr als das 2,5 fache ihres wahren Werthes gemessen

1) Schumacher's Astronom. Nachrichten, Bd. XII, No. 279.

haben. Bessel selbst hat, in seiner späteren Abhandlung über die hypsometrische Formel, die Verschiedenheit der mittleren Werthe des Luftdrucks an verschiedenen Stellen der Meeresoberfläche anerkannt [1]) und somit damals nur, über anderen wichtigen Untersuchungen, vergessen zu erinnern, dafs seine früher vorgeschlagene Höhenmessungsmethode nur in zwei ganz bestimmten Fällen dem beabsichtigten Zwecke entspreche. Der unerläfslichen Bedingung dieser Methode: dafs die zur Bestimmung der Gestalt der Niveauflächen dienenden Ablesungen, an Orten geschehen, deren Abstand vom Meeresspiegel bekannt ist, und welche das zu nivellirende Terrain möglichst vollständig umgeben, kann nämlich nur dann genügt werden, wenn entweder 1) dieses Terrain eine Insel oder Halbinsel ist und man die stationären Instrumente an deren Rande vertheilt, der ein sichtbares Meeresniveau darbietet, oder wenn 2) durch rein geometrische Mittel eine Höhenmessung für mehrere Punkte stattgefunden hat, welche um die dem barometrischen Nivellement zu unterwerfende Gegend zweckmäfsig vertheilt sind. Das barometrische Höhenmessen ist somit für jetzt ganz entschieden, von der unbegränzten Anwendbarkeit welche man ihm früher zuschrieb, herabgesetzt und auf die Interpolation der Höhen solcher Orte beschränkt worden, die zwischen geometrisch bestimmten liegen. Eine angelegentliche Beschäftigung mit dieser Operation und mit den zu ihr gehörigen Beobachtungen, sollte indessen durch diese Einsicht keineswegs überflüssig, sondern, aus mehreren Gründen, sogar von erhöhter Wichtigkeit erscheinen. Zunächst schon deswegen, weil bei der genannten Interpolation, in Folge der nun nicht mehr abzuweisenden Rücksicht auf die jedesmalige Gestalt der Niveauflächen, eine beträchliche Sicherheit erreicht und daher jetzt in der That die Kenntnifs der Höhe für eine *grofse Zahl von Punkten* mit bei weitem geringerer Mühe, und doch nahe ebenso vollständig wie durch die alleinige Anwendung geometrischer Nivellemente erlangt werden kann. Sodann

1) Schumacher's Astronom. Nachrichten Bd. XV. No. 356.

aber und vorzüglich: weil dergleichen Höhenmessungen es unerläfslich machen, Reihen von Barometerbeobachtungen, und namentlich die in den sogenannten *meteorologischen Observatorien* oder *Stationen*, in der Folge nur dann anzustellen, wenn die *Höhe des Instrumentes über dem Meere* durch scharfe geometrische Mittel bekannt geworden ist. Nur in diesem Falle liefert nun aber eine jede solche Reihe einen Beitrag zur Kenntnifs der mittleren sowohl, als auch der verschiedenen momentanen, Gestalten der Niveauflächen der Atmosphäre und dem beziehungsweisen Zusammenhange derselben, mit den mittleren und mit den momentanen Bewegungen der Luft, in deren Erforschung die eigentliche Aufgabe einer wissenschaftlichen Meteorologie zu setzen ist. — Man würde sich dann erinnern, dafs continuirliche Barometerablesungen an Punkten von unbekannter Höhe, *nur* etwa zu der Kenntnifs der periodischen Veränderungen des Luftdrucks führen können und dafs daher die (sonst so unerläfsliche und keineswegs leichte) Sorge für *gegenseitige* Vergleichbarkeit der diese Reihen ausmachenden Messungen, überflüssig ist, ja sogar schädlich, so lange noch die Resultate derselben nicht selten zu dem Kreisschlufs von der vorausgesetzten Horizontalität der Niveauflächen auf den Höhenunterschied zwischen den Stationen, und dann in späteren Zeiten, wieder rückwärts, mit Hülfe dieser Höhenunterschiede auf jene falsche Voraussetzung, gebraucht werden.

Es ist nicht zu leugnen, dafs der Mangel an geometrischen Höhenbestimmungen, noch bis vor kurzer Zeit jenen wünschenswerthen Untersuchungen, in fast allen vom Meere entferntere Ländern, entgegenstand, und dafs somit damals eine Erweiterung unseres Wissens von den mittleren Niveauflächen und Bewegungen der Atmosphäre, fast nur von Barometerbeobachtungen auf Schiffen zu erwarten war, welche man, durch Verbindung der an einerlei Ort, zu verschiedenen Jahreszeiten erhaltenen, von den periodischen und zufälligen Einflüssen befreien kann. Während der letzten Jahre hat sich nun aber die Lage dieser An-

gelegenheit auf das Wesentlichste und Günstigste geändert, durch den Bau von Eisenbahnen in Amerika, im westlichen Europa und zuletzt auch in einem Theile von Rufsland. Die Bestimmung dieser Bahnen veranlafst nämlich sie, nicht blofs ihrer ganzen Länge nach, mit gehöriger Sorgfalt zu nivelliren, sondern auch *in so kurzen Strecken*, dafs der, den Quadraten dieser letzteren proportionale und bei den gewöhnlichen trigonometrischen Nivellements sehr nachtheilige, Einflufs der Strahlenbrechung auf die erlangten Höhenangaben, unmerklich wird. Die innerhalb eines Fufses übereinstimmenden Höhen, die sich für die Schienen von einem Berliner Bahnhofe ergeben haben, indem man dieselben einerseits längs der Berlin-Cölner und Belgischen Eisenbahn mit dem mittleren Meeres-Niveau verglich, und andererseits längs der von Berlin nach Hamburg und nach Stettin reichenden Schienen, und mehrere ähnliche Controlen, die der Bericht über die Nivellements der Eisenbahnen in Preufsen anführt, lassen es durchaus nicht zweifelhaft, dafs es jetzt, zu *genügender* Festellung des Abstandes eines Barometers vom Meeresniveau, nur allein der Ermittelung seiner Höhe über die ihm zunächst liegenden Schienen einer Eisenbahn bedarf. Eben dadurch kann aber nun, mit geringster Mühe und in wenigen Jahren, die Beschaffenheit der Oberflächen gleichen Luftdruckes nicht mehr blofs über den Meeren gefunden werden, sondern auch über Theilen des Festlandes, deren einer in der Meridianrichtung von der Küste des Mittelländischen Meeres bis nach Schottland und in der darauf senkrechten von der Bretagne bis zu dem Meridiane von Moskau reicht, während sich der andere, zwischen 30° und 50° Breite, vom Atlantischen Meere schon jetzt bis St. Louis am Missisippi ausdehnt und in kurzer Zeit noch bis an den grofsen Ocean bei San Francisco erstrecken wird.

Es ist in der That nicht anzunehmen, dafs irgendwo innerhalb dieser Erdtheile die Zahlen, die sich bei einem Eisenbahnnivellement ergeben haben, ohne jede Aufbewah-

rung geblieben seyen und es wird daher zur Erreichung des genannten Zweckes genügen, dafs:

1) von den jetzt so zahlreichen Beobachtern in sogenannten meteorologischen Observatorien oder Stationen ein Jeder sich das Nivellementresultat für die ihm zunächst gelegene Stelle einer Eisenbahn, so wie auch den Höhenunterschied zwischen derselben und zwischen dem unteren Niveau seines Barometers verschaffe; dafs
2) die Angaben der an diesen Orten aufgestellten Barometer, durch Vergleichung eines jeden derselben mit einem tragbaren und zu *absoluten Messungen geeigneten,* von ihren constanten Fehlern befreit werden und dafs man endlich
3) aus den Werthen des Luftdruckes die sich an den verschiedenen Orten für einerlei Epochen ergeben haben, auf die Punkte ihrer Lothlinien in denen damals gleicher Luftdruck vorkam, und auf die Lage der Oberfläche die alle diesen Punkten am nächsten tritt, und welche daher eine der damaligen Niveauflächen darstellt, schliefse.

Ich will hier, nur als ein vorläufiges Beispiel des auf diese Weise zu leistenden, die Resultate und die nöthigen Einzelheiten eines ersten Versuchs dieser Art mittheilen, bei dem ich das tragbare Barometer, in den Zwischenzeiten seiner Vergleichungen mit fünf von den sechs zu correspondirenden Beobachtungen benutzten, stationären, auch zu Ablesungen an Punkten von unbekannter Höhe angewandt und demnächst die unter 3) erwähnte Rechnung, zur Bestimmung sowohl dieser Höhen, als auch der Lagen geführt habe, welche die Oberflächen gleichen Luftdrucks über einem Theile von Norddeutschland, zu 85 Momenten eines 10-tägigen Zeitraums besafsen.

Das bei diesem Versuche gebrauchte tragbare Barometer war, in seinen wesentlichen Theilen, dasselbe, welches ich zu den oben erwähnten Beobachtungen in Nordasien und an der Küste des Grofsen Ocean angewendet habe. Es

Es besteht aus einer heberartig gebogenen und an ihrem tiefsten Punkte mit einem Hahne verschliefsbaren stählernen Röhre, in welche zwei gerade Glasröhren, als sogenannter langer und kurzer Schenkel des Instrumentes, eingekittet und, auf die bei Heberbarometern übliche Weise, mit Quecksilber gefüllt werden. Die so verbundenen Stücke werden sodann in einer mit ihnen gleichgestalteten Vertiefung eines starken Brettes eingelassen und befestigt, auf dem sich auch die mit der Pariser Linie scharf verglichene Theilung und ein neben dem Barometer eingelassenes Thermometer befinden. Eine einmalige Ablesung an diesem Instrumente ergiebt, wie ich mich durch häufige und lange fortgesetzte Vergleichungen mit mikroskopischen Ablesungen an andern Barometern überzeugt habe, die Länge der Quecksilbersäule bis auf einen zufälligen Fehler von etwa $\pm$ 0,05 Pariser Linien. Zu den in Rede stehenden Versuchen habe ich ihm aber vor den zusammengesetzteren letzteren, deswegen den Vorzug gegeben, weil ich es früher sowohl zu augenblicklicher Vermehrung und Verminderung seiner Quecksilbermenge, und somit zur Bestimmung einer der wesentlichsten constanten Correctionen, geeigneter gefunden hatte, als auch zum Transport ohne Veränderung dieser Correction und ohne andere noch unersetzbarere Beschädigung. — Beim Gebrauche dieses oder irgend eines anderen Heberbarometers, ergiebt sich die mit Quecksilber von der Temperatur 0° R. gemessene wahre Barometerhöhe h, aus den Ablesungen a und b an dem *langen* und an dem *kurzen Schenkel* und t an dem, Réaumur'sche Grade angebenden, *Thermometer* des Instrumentes, nach dem Ausdruck:

$$h = (a-b).\sigma.[1-t(\alpha-\beta')]+(c-c')+\frac{r-A}{r-a}.\lambda\left(1+\frac{t-T}{213,3}\right)$$

in welchem

σ die einer Theilungseinheit gleiche Anzahl Par. Lin.,

α und β beziehungsweise den cubischen und den linearen Ausdehnungscoëfficient des Quecksilbers und der Scale,

c und c' die dem Durchmesser der langen und kurzen Schenkel entsprechende Capillardepression,

r die an der Scale abgelesene Höhe desjenigen Cylinders von dem Durchmesser des langen Schenkels bedeuten, der dem Gesammtinhalt dieses Schenkels gleich ist. Wenn der Quecksilber freie Raum des Barometers durchweg cylindrisch gestaltet ist, so wird daher r die dem Abschlufs des langen Schenkels entsprechende Ablesung der Scale, so wie endlich

λ die durch permanente elastische Flüssigkeiten in dem Quecksilberfreien Raume bewirkte, mit Quecksilber von 0° R. und in Par. Linien gemessene Verkürzung der Barometersäule, welche bei den Ablesungen $a = A$ und $t = T$ stattfindet.

Für die gegenwärtige Anordnung des tragbaren Barometers habe ich, die Pariser Linie als Maafseinheit,

die Durchmesser des langen Schenkels $= 2{,}87$
» » » kurzen » $= 1{,}55$

gefunden, und demnach:

$$c = 0{,}368$$
$$c' = 1{,}083$$

oder

$$c - c' = -0{,}715$$

angenommen, und ferner

$$\sigma = 1 \quad \alpha - \beta = 0{,}0002252 \quad r = 365{,}4,$$

so wie auch zur Bestimmung von λ zum Beispiel die folgenden Ablesungen, zwischen denen die Quecksilbermenge in dem Barometer vermindert und dann wieder vermehrt wurde:

1851 Aug. 13	$a.$	$b.$	$t.$	$h.$	
17ᵘ 29′	360,00	21,80	+ 20,4	335,91	+ 1,93 λ
17 34	357,70	19,50	+ 20,9	335,87	+ 1,35 λ
18 7	357,65	19,20	+ 20,2	336,17	+ 1,34 λ
18 18	362,85	24,35	+ 20,0	336,23	+ 4,08 λ
18 33	362,85	24,50	+ 19,4	336,13	+ 4,08 λ

wo $A = 355{,}0$ und $T = 20$ gesetzt ist. — Nimmt man an, *dafs sich die* Barometerhöhe zwischen den einzelnen Ab-

lesungen der Zeit proportional geändert habe, indem man namentlich

$$h = H + p.(z - 18^u) + q.\lambda$$

setzt, so werden die Ablesungen durch $H = 336,05$ und $p = 0,262$ für z in Stunden, bis auf folgende Abweichungen dargestellt:

Beob. — Berechn.
0,00 + 1,93 λ
— 0,08 + 1,35 λ
+ 0,08 + 1,34 λ
+ 0,08 + 4,08 λ
— 0,08 + 4,08 λ,

welche, da λ seiner Natur nach nur positiv seyn kann, $\lambda = 0$ ergeben.

Die auf diese Weise reducirten Angaben des tragbaren Barometers unterschieden sich nun von den Angaben der zu correspondirenden Beobachtungen gebrauchten Instrumente, wie folgt:

1) in *Halberstadt* gab ein Hrn. Dr. Menzer gehöriges und von ihm an den folgenden Tagen beobachtetes, höchst vollendetes Barometer von Meierstein, die Vergleichung:

1851. August 15	Tragbares Barometer.	Halberstädter Barometer.
$5^u 16'$ Berl. Zeit	$h = 331,40$	$(a-b)+(c-c') = 0,75080$; $t = 16°$ $\lambda = 0$ $\sigma = 443,296$ $\alpha - \beta = 0,0002017$ Reducirte Angabe $= 331,72$
und daher:		h — (Halberst. B.) $= -0,32$.

2) in *Clausthal.* Das gleichfalls in Göttingen berichtigte Barometer des dortigen Observatorium ergab:

1851. August 24	Tragbares Barometer.	Clausthaler Barometer.
$1^u 17'$ Berl. Zeit	$h = 315,56$	$(a-b)+(c-c') = 316,83$; $t = 14°,0$ $\lambda = 0$ $\sigma = 1$ $\alpha - \beta = 0,0002017$ Reducirte Angabe $= 315,91$
		h — (Clausth. B.) $= -0,35$

3) in *Halle* fand sich für das von Hrn. F. Weber

beobachtete Greinert'sche Barometer der dortigen sogenannten meteorologischen Station:

1851 August 27.	Tragbare Barometer.	Hallische Barometer $(a-b)+(c-c')$	t.	Reducirte Angabe.
5ᵘ 6' Berl. Zeit	$h = 332,86$			
5 8 »	$h = 332,80$	334,22	$+16°,3$	333,09
5 19 »	$h = 332,88$	334,175	$+16,5$	333,04

$\lambda = 0$ $\sigma = 1$ $\alpha - \beta = 0{,}0002017$

h — (Hallisches Bar.) $= -0{,}18$

Zu den correspondirenden Beobachtungen, die ich von jedem der drei eben genannten Orte erhalten habe, ist, nach der Reduction derselben auf Pariser Linien und 0° R. Quecksilbertemperatur, beziehungsweise je eine dieser Correctionen addirt und es sind jene Werthe somit in diejenigen umgesetzt worden, welche das tragbare Barometer an denselben Stellen und zu denselben Zeiten ergeben haben würde. Auf die analogen Werthe sind auch, ehe ich sie in Rechnung genommen habe, zwei andere Reihen correspondirender Beobachtungen, welche die Herren Prof. Kot in Magdeburg und Bergcommissar Jasche in Ilsenburg anstellten, reducirt worden, wiewohl dazu folgende etwas complicirtere Vergleichungen führten.

4) Für das in *Magdeburg* gebrauchte Greinert'sche Barometer, welches sehr sorgfältig gearbeitet und mit Ablesungsmitteln die die *einzelnen* Hunderttheile der Pariser Linien ergeben, versehen, von dem Besitzer aber, wegen einmaligen Zutritts einer beträchtlichen Menge atmosphärischer Luft in dem Quecksilberfreien Raume, aufser Gebrauch gesetzt war, fand sich: $\sigma = 1$, $\alpha - \beta = 0{,}0002017$, $r = 362$, sowie, wegen äufserst naher Gleichheit der Durchmesser beider Schenkel: $c - c' = 0$, die mit λ bezeichnete Gröfse aber, durch folgende Vergleichung:

1851 August 14.	Tragbare Barometer	Magdeburger Barometer.
4ᵘ 58' Berl. Zeit	$h = 334{,}00$	$a = 330{,}60$ $b = 1{,}42$ $t = 19°{,}0$

uud daher für $\left\{ \begin{matrix} A = 332 \\ T = 19'',0 \end{matrix} \right\} \lambda = 6{,}40$

Die während der folgenden Tage in Magdeburg ausgeführten Ablesungen sind demgemäfs, da mir der Beobachter nur die Differenzen: $a - b$ und die Temperaturen t mitgetheilt hat, nach folgendem Ausdruck reducirt worden:

$$h = (a - b)[1 - t(\alpha - \beta)] + 6{,}40 \left\{ \frac{1 + \frac{t - 19}{213{,}3}}{1 + \frac{332 - (a - b)}{60}} \right\}$$

welcher mit dem strengen obigen *vollständig* übereinstimmt, wenn die Gleichheit der Durchmesser beider Schenkel in aller Strenge stattfand, im entgegengesetzten Falle aber: wenn die Durchschnittsfläche des kurzen Schenkel das $(1 + \mu)$fache von der des langen war, bei einem um $\pm v$ Linien über 332 liegenden Werthe von $(a - b)$, von dem strengen Werthe der Correction um $\pm \mu . \frac{v}{120} . \lambda = \pm \mu . v . 0{,}053$ Linien übertroffen wird. Bei den Magdeburger Beobachtungen hat v zwischen den Gränzen $+ 2$ und $- 5$ variirt und daher, weil μ im äufsersten Falle nicht gröfser als $\pm 0{,}03$ war, der vernachlässigte Theil der Reduction höchstens zwischen den Gränzen $\mp 0{,}003$ und $\pm 0{,}008$ Pariser Linien gelegen. Er ist also immer weit innerhalb der Gränzen anderweitiger Beobachtungsfehler geblieben.

5) in *Ilsenburg* wurde an einem Gefäfsbarometer mit unverrückbarer Scale nur das obere Niveau des Quecksilbers und die Temperatur desselben t, abgelesen. Es war daher der mit h bezeichnete wahre Barometerstand, nach dem Ausdruck:

$$h = \left(a \left[1 + \frac{dd}{DD}\right] + c\right) \sigma . [1 + t(\alpha - \beta)] + F(\lambda, t, a)$$

zu berechnen, in welchem

σ, α, β und λ die frühere Bedeutung haben, während d und D die Durchmesser der Röhre und des Gefäfses,

c die Summe der aus der Capillarität und aus demjenigen Barometerstand, bei welchem das untere Niveau in dem Nullpunkt der Scale liegt, entspringen den zwei Correctionen und

$F(\lambda, t, a,)$ die, so wie bisher gestaltete, Correction wegen der in dem Quecksilberfreien Raume befindlichen Gase darstellen.

An dem *Ilsenburger* Barometer ergab sich nun, durch Messungen:

$$D=12{,}0 \quad d=3{,}5 \quad \sigma=1 \quad r=393{,}0,$$

so wie auch: $a=\alpha-\beta=0{,}0002252$ und zur Bestimmung von λ, dafs die in dem Quecksilberfreien Raume enthaltene Luft, bei horizontaler Lage des Barometers und daher unter dem Druck von 329 Par. Lin. und bei der Temperatur $+18^\circ{,}0$, ein Kugelsegment von 0,8 Par. Lin. Durchmesser der Basis und 0,25 Par. Lin. Höhe oder von $\frac{\pi.0{,}36}{16}$ Par. Kubiklinien Inhalt einnahm. Da nun der Quecksilberfreie Raum allgemein: $\frac{\pi(393-a).49}{16}$ Par. Kubiklinien bebetrug, so wird:

$$F(\lambda, t, a)=\frac{0{,}36.329}{(393-a).49}\cdot\left\{1+\frac{t-18{,}0}{213{,}3}\right\}$$

oder bei $+18^\circ$ Temperatur mit $a=320$, 330, 340 der Einflufs der eingeschlossenen Luft auf die Barometerhöhe respective 0,033, 0,038 und 0,043 Par. Lin.

Zur Bestimmung der Constante c führten endlich folgende Vergleichungen:

1851 Aug. 16. Berl. Zeit	Tragbares Barometer.	Ilsenburger Barometer.		$h-c(1-at)$.	c.
6ᵘ 31′	$h=329{,}22$	$a=334{,}00$	$t=18{,}0$	360,95	−31,36
8 9	$h=329{,}02$	$a=333{,}90$	$t=18{,}0$	360,85	−31,96
19 0	$h=328{,}69$	$a=333{,}10$	$t=16{,}5$	360,08	−31,51

oder in einer für alle vorgekommene Fälle ausreichenden Form, bei welcher die Correction für den Luftgehalt des Barometer, dem von $\frac{d}{D}$ unabhängig gelassenen Theile der Gröfse c hinzugefügt ist:

$$h = \left[(a - 3{,}33) + (a - 334) \frac{49}{576} \right] (1 - t\alpha).$$

Die fernere Rechnung: zur Bestimmung der Höhen der momentanen Stationen und der Lage der Niveauflächen, habe ich zuerst nur mit correspondirenden Ablesungen durchgeführt, die an den *fünf* so eben genannten Orten und Instrumenten gemacht wurden, demnächst aber noch einmal, nach Hinzufügung einer sechsten Beobachtungsreihe, die Hr. Professor Listing in Göttingen, an einem mit dem Barometer der dortigen Sternwarte verglichenen Instrumente angestellt, und mit den auf diese Weise erhaltenen Elementen zur Reduction auf absolute Angaben mir mitzutheilen die Güte gehabt hat. Eine Vergleichung dieses Instrumentes mit meinem tragbaren Barometer ist dagegen nicht erfolgt und es bleibt daher nur eine wahrscheinliche Voraussetzung, dafs die mit h bezeichneten reducirten Angaben des letzteren, mit den gleichzeitig und an einerlei Punkten erhaltenen des Göttinger Barometers, vollständig übereingestimmt haben würden. Die unten, als *zweite Rechnung* bezeichnete, ist unter dieser Voraussetzung geführt worden.

Die correspondirenden Beobachtungen wurden angestellt:

in *Magdeburg* um 19^u, 3^u und 10^u mittl. Z. des Ortes
» *Halle* » 18^u, 2^u » 10^u » » » »
» *Halberstadt* » 18^u, 0^u » 6^u » » » »
» *Clausthal* » 20^u und 1^u » » » »
» *Göttingen* » 18^u, 22^u, 2^u, 6^u, 10 u. 14^u » » » »
» *Ilsenburg* theils dreimal, theils viermal täglich zu nicht ganz gleichen aber genau angegebenen Zeiten;

und zwar so, dafs an den fünf zuerst genannten Orten zu jeder Barometerablesung auch eine Bestimmung der Lufttemperatur gefügt, in *Ilsenburg* aber diese letztere nicht beobachtet worden.

Die demnächst nöthig gewordene Interpolation der Ablesungen, die an den einzelnen Stationen, in den unter sich sehr verschiedenen und weit häufigeren Zeitpunkten erfolgt

seyn würden, in denen die Beobachtungen an dem tragbaren Barometer geschahen, habe ich durch eine in hinlänglich grofsem Maafsstabe ausgeführte Zeichnung erhalten, bei welcher mit einem in Zehntel des Millimeter getheilten Stangenzirkel, die sämmtlich auf Berliner Zeit reducirten Momente der Ablesungen, sowohl an den stationären als an den tragbaren Instrumenten, als *Abcissen*, und die reducirten Beobachtungswerthe von den permanenten Stationen, als *darauf senkrechte Ordinaten* aufgetragen, die Endpunkte der zu einerlei Orten gehörigen unter den letztern durch einen continuirlichen Zug, verbunden und dessen Durchschnitte mit denjenigen Ordinatenrichtungen abgelesen wurden, die zu den Zeiten der Beobachtungen an den tragbaren Instrumenten gehörten. Von den Barometerständen habe ich die, durch die bisher genannten Mittel reducirten, *Logarithmen* in dieser Weise behandelt, von den Lufttemperaturen aber, die abgelesenen Werthe selbst. Nach der unten folgenden Zusammenstellung der Beobachtungsfehler, erscheinen die Resultate aus zum Theil interpolirten Werthen, kaum in wahrnehmbarem Grade unsicherer, als diejenigen, welche aus lauter direct beobachteten Werthen gezogen wurden.

Ich werde weiter unten angeben, auf welche Weise auch für die Lufttemperaturen die in Ilsenburg, zu den Zeiten der Ablesungen an den momentanen Stationen, stattgefunden haben, Angaben interpolirt worden sind, und kann daher jetzt an diejenigen, zur Darstellung der numerischen Resultate nöthigen, Einzelheiten des von mir befolgten Bessel'schen Rechnungsverfahrens erinnern, die für den Fall des Besitzes von Lufttemperaturen und Barometerständen an *allen* zu benutzenden Stationen gelten.

Wählt man als Anfangspunkt der Coordinaten den Schwerpunkt der, in den Schwer-Richtungen durch die *permanenten Stationen* gelegenen, Punkte der Meeresoberfläche und nennt

Die in geographischen Meilen ausgedrückten und im Horizont: nach Norden positiv gezählten Coordinaten.	nach Osten	Die in Pariser Fuſs ausgedrückten, nach oben positiv gezählten Abstände von der Meeresoberfläche.	Die gleichzeitig abgelesenen: Lufttemperaturen in Réaumur'schen Graden.	reducirten Barometerstände.
Für die permanenten Stationen:				
a'	b'	c'	t'	$\text{num.log}\,\gamma'$
a''	b''	c''	t''	$\text{num.log}\,\gamma''$
a'''	b'''	c'''	t'''	$\text{num.log}\,\gamma'''$.
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
Für eine momentane Station:				
x	y	z	t	h

rechnet dann:

$$\text{I.}\quad \begin{cases} p' = \frac{r}{r'}.\sin(A+A') \\ p'' = \frac{r}{r''}.\sin(A+A'') \\ p''' = \frac{r}{r'''}.\sin(A+A''') \\ \vdots \end{cases}$$

mit den Hülfsgröſsen:

$$r\sin A = x$$
$$r\cos A = y$$

und

$$\begin{aligned} &[b'b'].a' - [a'b'].b' = \frac{N}{r'}.\cos A', \\ &[a'a'].b' - [a'b']a' = \frac{N}{r'}.\sin A' \\ &[b'b'].a'' - [a'b'].b'' = \frac{N}{r''}.\cos A'', \\ &[a'a'].b'' - [a'b']a'' = \frac{N}{r''}.\sin A'' \\ &[b'b'].a''' - [a'b']b''' = \frac{N}{r'''}.\cos A''', \\ &[a'a'].b''' - [a'b']a''' = \frac{N}{r'''}.\sin A''' \\ &\qquad\vdots \qquad\qquad \vdots \end{aligned}$$

in denen $[a'a']$, $[b'b']$, $[a'b']$ die Summe von Producten, die für die einzelnen permanenten Stationen gleich gebildet sind bedeuten,

so wie auch:

$$\text{II.}\quad Z = \frac{[c']}{n} + [p'c']$$

wo wiederum, und ebenso wie in der Folge, [ ] eine Summe von, für die einzelnen permanenten Stationen, analog gebildeten Gliedern, und h die Anzahl derselben bedeuten,

so ist Z diejenige Höhe über der Meeresoberfläche, für welche auf der Lothlinie der momentanen Station, das durch folgende Gleichung gegebene T, den *wahrscheinlichsten Werth der Lufttemperatur* bezeichnet:

$$\text{III.}\quad T = \frac{[t']}{n} + [p't'].$$

Es ist hiermit nur das, in einerlei Verticale dem Höhenzuwachs proportionale Abnehmen der Lufttemperatur vorausgesetzt.

Bestimmt man daher aus den Logarithmen $\gamma'\gamma''\gamma'''\ldots$ der reducirten Barometerstände, mit Hülfe der unteren beobachteten, und der obern in der Höhe Z von den Horizontalcoordinaten unabhändig vorausgesetzten, Temperaturen t' und T, t'' und T, t''' und $T\ldots$, die Werthe g', g'', $g'''\ldots$, die ein jeder von ihnen in der Höhe Z über der Meeresoberfläche besessen haben würde, und setzt:

$$g' - \frac{[g']}{n} = \mu',\; g'' - \frac{[g']}{n} = \mu''\ldots$$

so ist

$$\text{IV.}\quad \log H = \frac{[g']}{n} + [p'\mu']$$

und H derjenige Barometerstand, den man als den *wahrscheinlichsten* für den, in der Schwerrichtung der momentanen Station, um Z über der Meeresoberfläche gelegenen Punkt zu betrachten hat.

Rechnet man daher nach dem sogenannten hypsometrischen Ausdruck die Höhe u, eines Punktes, bei dem der Barometerstand h und die Lufttemperatur t waren über dem Punkte derselben Lothlinie, bei dem gleichzeitig der Barometerstand H und die Lufttemperatur T vorkamen, so ist

$$\text{V.}\quad z = Z + u.$$

die gesuchte Höhe der momentanen Station. —

Nachdem die Höhen der momentanen Stationen auf diese Weise berechnet waren, habe ich aus den Ablesungen an den permanenten noch:

1) die, den ersten Resultaten zu Grunde liegende, wahrscheinlichste Beschaffenheit der Oberflächen gleichen Luftdruckes zu den einzelnen Beobachtungsmomenten und

2) die Fehler ermittelt, welche die Annahme dieser Beschaffenheit in den Barometer-Ablesungen voraussetzt.

Die oben angegebenen Rechnungsvorschriften sind nämlich identisch mit der Annahme, dafs die Niveauoberflächen eine, innerhalb des Raumes der die permanenten Stationen enthält, *constante*, aber sowohl ihrem Betrage als ihrer Richtung nach, *willkührliche* Neigung gegen eine horizontale Oberfläche besitzen. Bezeichnen daher $f' f'' \ldots$ die Ueberschüsse der Logarithmen der an den einzelnen permanenten Stationen beobachteten Barometerstände über die Logarithmen der ihnen jener Hypothese zu Folge entsprechenden, so sind die vorstehenden Vorschriften nur Umformungen der Gleichungen:

$$f \;= g' - \left(\frac{[g']}{n} + Ba' + Cb'\right) = \mu' - Ba' - Cb'$$

$$f' = g'' - \left(\frac{[g']}{n} + Ba'' + Cb''\right) = \mu'' - Ba'' - Cb''$$

$$f'' = g''' - \left(\frac{[g']}{n} + Ba''' + Cb'''\right) = \mu''' - Ba''' - Cb'''$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$\text{und:}\quad \log H = \frac{[g']}{n} + Bx + Cy,$$

in denen unter B und C die Zunahmen verstanden sind, welche der Logarithmus des Barometerstandes durch einen respective nach *Norden* und nach *Osten* erfolgenden, horizontalen Fortschritt um eine geographische Meile erfährt. Aus eben diesen Gröfsen B und C erhält man daher auch, wenn R den Betrag eines solchen Zuwachses bei für ihn günstigster Richtung des horizontalen Fortschrittes und α das von Norden rechts herum gezählte Azimut dieser Richtung bezeichnen:

$$R - \sqrt{B^2 + C^2} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{C}{B}$$

so wie auch, wenn, unter den Umständen der zu Grunde liegenden Beobachtungen, der Logarithmus des Barometerstandes, in der Höhe Z für n Pariser Fufs Höhenzuwachs um 1 Einheit abnimmt, die Neigung der Niveauebene i in Sekunden, und i' in Pariser Fufs auf die geographische Meile:

$$i = R.n.9{,}03, \quad i' = R.n.$$

Bei Anwendung 5stelliger Logarithmen, so wie für diejenigen Höhen- und Temperaturverhältnisse für welche die *hier* in Betracht kommenden Werthe von R gefunden wurden, bleibt $n = 0{,}6$ stets nahe richtig und es können daher zu schnellerer Veranschaulichung der Beobachtungsresultate, die Näherungswerthe

$$i = 5{,}4.R, \quad i' = 0{,}6R$$

gebraucht werden.

Mit den vorstehenden Bezeichnungen folgen aber endlich die Vorschriften für die zuletzt genannte Rechnung:

$$B = \left[\frac{\mu'.\cos A'}{r'}\right] \qquad C = \left[\frac{\mu'.\sin A'}{r'}\right]$$

und:

$$\begin{aligned} f' &= \mu' - Ba' - Cb' \\ f'' &= \mu'' - Ba'' - Cb'' \\ &\vdots \end{aligned}$$

deren Anwendung hinlänglich erleichtert wird, wenn man die Vielfachen der, während einer längern Beobachtungsreihe, constant bleibenden Gröfsen, mit dem beabsichtigten Grade von Annäherung, in Tafeln bringt.

Die geographischen Coordinaten und die Höhen der permanenten Stationen habe ich folgendermafsen angenommen:

	Polhöhe.	Länge Ost v. Paris.	Höhe über dem Meere in P. F.
Magdeburg	52° 8′,2	9° 18′,5	$c' =$ 181,50
Halle	51 29,6	9 37,5	$c'' =$ 300,96
Halberstadt	51 54,1	8 43,0	$c''' =$ 414,92
Ilsenburg	51 52,0	8 19,3	$c^{IV} =$ 709,00
Clausthal	51 48,1	8 0,2	$c^{V} =$ 1724,90
Göttingen	51 32,2	7 35,9	$c^{VI} =$ 464,84.

Es ist nicht zu bezweifeln dafs diese Polhöhen und Längen sämmtlich die hier erforderte Genauigkeit besitzen. Die Höhen waren keinem der Beobachter an den fünf ersten Stationen durch eine frühere Untersuchung bekannt, und sind daher erst für die in Rede stehende in einer Weise ermittelt worden, deren hier folgende Anführung zugleich die Sicherheit der obigen Angaben beurtheilen läfst.

1) Das untere Niveau des *Barometers in Magdeburg* liegt:

über dem Strafsenpflaster am sogen. Breiten Weg	+ 15,5	Preuss. F., nach direct. Messung
und es ist d. Strafsenpfl. am Br. Weg über d. Strafsenpfl. am Alten Markt	— 4	» » Schätzung
das Strafsenpfl. am Alten Markt über d. Nullpunkt d. neuen Elb-Pegel	+ 40,0	» » einem Nivellem.
der Nullpunkt d. neuen Elb-Pegel über d. Meere	+ 136,27	» » d. Eisenbahn-Niv.
und daher u. Niv. des Barometers in Magdeburg über d. Meere . .	187,8 Preuss. F.	= 181,5 Par. F.

Es ist hier *nur* das Gefälle des Strafsenpflasters zwischen zweien einander nahe gelegenen und von einander sichtbaren Punkten geschätzt worden und die angenommene Höhe aus diesem Grunde wohl kaum um ± 1 Par. Fufs unsicher.

2) Von dem Barometer in Halle haben die Beobachter Hr. F. Weber und Dr. Kohlmann auf meine Bitte im October 1851 mit einer guten Canalwaage zu dem nächst liegenden Bahnhof hin und zurück nivellirt und nach den um weniger als 1,5 Zoll differirenden Resultaten angegeben:

das untere Niveau des Barometers in Halle über den Schienen vor dem Hallischen Bahnhof	— 33,78	Preuss. F.
es liegen aber die Schienen vor dem Hall. Bahnhof über dem Meere	+ 345,27	» nach d. Eisenb.-Niv.
und daher das u. Niv. d. Hall. Barometer über dem Meere . . .	311,49 Preuss. F.	= 300,96 Par. F.

3) Zur Bestimmung der Höhe seines Barometers in Halberstadt über den Schienen des dortigen Bahnhofs, hat mir Hr. Dr. Menzer folgende, von ihm angestellte, Beobachtungen mitgetheilt:

	1851.	Barometer.	Temp. d. Quecksilb.	Lufttemperatur.
d. untere Niveau an d. gewöhnl. Stelle d. Beobachtungs-Zimmers . . .	Sept. 15 19^h 30'	0,75524	+ 11°,6	+ 10°,22
d. untere Niveau daselbst .	» 15 20 25	0,75570	+ 10 ,6	
d. unt. Niveau auf den Schienen am Bahnhof . . .	» 15 19 51	0,75712	+ 10 ,8	+ 10 ,3.

Es folgt aus ihnen:

d unt. Niveau d. Barom. in Halberstadt üb. d. Schienen am Halberstädter Bahnhof	+ 60,06 Par. F.	
es liegen die Schienen am Halberst. Bahnh. üb. d. Meere + 367,27 Pr. F. =	+ 354,86 Par. F.	nach d. Eisenb.-Nivellement
und daher das unt. Niv. d. Halberst. Bar. über dem Meere	= 414,92 Par. F.	

4) Ein um 8 *Hannöversche Fufs* = 7,2 *Par. Fufs über der Schwelle der Windmühle zu Clausthal gelegener Punkt* liegt:

über d. unt. Niveau des Clausthaler Barometers um . . . ; . .	113,3 Par. F.	nach unseren Beobachtungen.
und derselbe über dem Meere um 2035 Hannöv. F. =	1829,9 » »	nach d. Hannöverschen Triangulation.
und ferner: der Erdboden vor dem sogenannten Torftrockenhause bei Clausthal über d. unteren Niveau des Clausthaler Barometer um	807,1 » »	nach unseren Beobachtungen.
und derselbe über dem Meere um 2825 Hannöv. Fufs =	2540,3 » »	nach der Hannöversch. Triangulation.

Die angenommene Höhe von 1724,9 Par. Fufs für das untere Niveau des Clausthaler Barometers über dem Meere, entfernt sich demnach um ± 8,3 Par. Fufs von den zwei einzelnen Resultaten, aus denen sie gefolgert ist.

5) Der Erdboden vor dem Wirthshaus zur Forelle in Ilsenburg liegt nach unserer Bestimmung um 42 Par. Fufs unter dem unteren Niveau des dortigen Barometers und

zugleich um 2841,0 Par. Fufs unter dem Erdboden vor dem Brockenhause nach der Bestimmung der HH. **Berghaus** und **Oesfeld**. Die letztere geschah durch eine Reihe correspondirender Ablesungen an zwei gut verglichenen Barometern und unter Voraussetzung der Horizontalität der Niveauflächen der Atmosphäre. Der geringe Abstand der Verticalen beider Punkte (1,08 geogr. Meilen) läfst aber in diesem Falle das Resultat weit weniger zweifelhaft, als es ohnedem seyn würde [1]). Ich habe nach diesen Bestimmungen das untere Niveau des Ilsenburger Barometers unter dem Erdboden von dem Brockenhause zu 2799,0 Par. Fufs, die Höhe des letztern über dem Meere zu 3508,0 Par. Fufs nach der *Gauss'schen Triangulation*, und somit das untere Niveau des Ilsenburger Barometers über dem Meere = 709,0 Pariser Fufs angenommen.

6) Das untere Niveau des in Göttingen beobachteten Barometers liegt in dem dortigen physikalischen Cabinet, an einem Punkte, dessen Höhe Hr. Prof. **Listing**, nach correspondirenden Barometerablesungen, zu 5 Meter über der Terrasse der Göttinger Sternwarte annimmt und somit, da die Höhe der letztern über dem Meere trigonometrisch zu 155,836 Meter bestimmt ist, zu nahe genug 151 Meter oder 464,84 Par. Fufs über dem Meere. Hr. **Listing** bemerkt über diese Annahme, dafs der darin eingehende Höhenunterschied zwischen der Sternwarte und dem physikalischen Cabinet wohl noch um 1 bis 1,5 Meter verschieden seyn könne, ein Umstand der, bei der scharfen Vergleichbarkeit der beiden zur Bestimmung dieser Unterschiede gebrauchten Barometer und bei einer nicht über 1000 Meter betragenden Entfernung der zu vergleichenden Punkte, wohl

1) Nach den unten folgenden Resultaten über die Neigung der Oberflächen gleichen Luftdrucks, *stiegen* dieselben von der Verticale von Ilsenburg bis zu der des Brockens in den meisten Fällen um 4 bis 5 Par. Fufs und nur um eben so viel würde man auch damals den Höhenunterschied beider Punkte, durch die Voraussetzung horizontaler Niveauschichten, zu *klein* erhalten haben. Ob dagegen die obige Angabe des Höhenunterschiedes zwischen dem Brocken und Ilsenburg nicht noch aus andern Gründen unsicher ist, lasse ich unentschieden.

nur durch eine sehr geringe Zahl der benutzten Ablesungen zu erklären ist.

Um den folgenden Rechnungen diejenige Gleichförmigkeit zu geben, durch die sie beträchtlich erleichtert werden, habe ich, unter zu Grundelegung der Höhen der fünf zuerst genannten Punkte, wie schon oben erwähnt, auch für die Lufttemperatur in *Ilsenburg* zu den Zeiten der Beobachtungen an den momentanen Stationen, Angaben interpolirt und zwar, unter Beibehaltung der obigen Bezeichnungen, zuerst die Gröfse

$$T = \frac{[t']}{n} + [p't']$$

die sich ergab wenn die Orte Magdeburg, Halle, Halberstadt und Clausthal als permanente und Ilsenburg als momentane Station betrachtet wurden. Sie gehört zu einem in der Verticale von Ilsenburg in der Höhe Z über dem Meere gelegenen Punkte, wo wiederum

$$Z = \frac{[c']}{n} + [p'c'],$$

oder in diesem Falle:

$$Z = 1010{,}2 \text{ Par. Fufs.}$$

zu setzen war, und ich habe sie auf den in derselben Verticale um 301,2 Par. Fufs niedriger angenommenen Punkt, durch Hinzufügung des constanten Unterschiedes $+0°{,}40$ reducirt, welcher den, während der vorliegenden Beobachtungen vorgekommenen, Temperaturabnahmen, so weit sie damals zu übersehen waren, im Durchschnitt entsprach.

Es ist endlich noch zu bemerken, dafs die Beobachtungen in Ilsenburg etwas später als die an den übrigen fünf Stationen angefangen, die in Magdeburg aber um etwas später als die übrigen geschlossen wurden, und dafs daher für die Anfangspunkte der Coordinaten x und y der momentanen Stationen und für die *mittlere* Höhe der *permanenten Stationen* galten:

Für die Beobachtungen.	Bei der ersten Rechnung. Breite d. Anfangspunktes	Länge O. v. Par. d. Anfangspunktes	$\frac{[c']}{n}$	Bei der zweiten Rechnung. Breite d. Anfangspunktes	Länge O. v. Par. d. Anfangspunktes	$\frac{[c']}{n}$
No. 1 b. incl. No. 10	51° 50',00	8° 54',80	655,57	51° 46',44	8° 39',02	617,42
» 11 » » 78	51 50,40	8 47,70	666,26	51 47,37	8 35,73	632,69
» 79 » » 85	51 45,95	8 40,00	787,45	51 43,20	8 27,18	722,92

(Schlufs im nächsten Heft.)

VIII. *Ueber die Regenmenge in Freiberg; von F. Reich.*

(Auszug aus den Sitzungsberichten d. k. s. Gesellschaft der Wissenschaften math.-phys. Classe 1852. S. 15; vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Für den Zeitraum von 22 Jahren, von 1830 bis 1851, ist die in jedem einzelnen Monate gemessene Regen- und Schneemenge a. a. O. angegeben; hier mag die Mittheilung der erhaltenen Mittelwerthe genügen.

Freiberg liegt unter 50° 55' N. B. und 30° O. L. Seine Meereshöhe wird zu 1230 Par. Fufs angenommen, was sich zwar auf sehr zuverlässige Barometermessungen, jedoch auf eine Annahme der Meereshöhe des Nullpunktes der Dresdener Elbbrücke gründet, die notorisch zu grofs ist, vielleicht um 50 Fufs.

Der Regenmesser steht auf dem Firste des Bergacademiegebäudes, 64 Par. Fufs über dem Strafsenpflaster. Bis Anfang 1839 befand er sich weniger hoch auf einem alten Stadtmauerthurme. Bei Schneegestöber und Frost wird in dem Regenmesser gefallener Schnee zum Theil wieder herausgetrieben, und in solchen Fällen die gefallene Wassermenge zu gering gefunden. Das in dem Regenmesser aufgefangene Wasser, flüssig oder fest, wurde gewogen, und aus dessen Gewicht die Höhe in Pariser Zollen berechnet.

Es war von Interesse, mit der gefallenen Regenmenge die in derselben Zeit aufgefangenen Wasserzuflüsse der Freiberger Wasserversorgung, dem grofsartigen Complexe von Teichen, Gräben und anderen Anlagen, durch welche dem gröfsten Theile der hiesigen Gruben das benöthigte Aufschlagewasser gesichert und zugeführt wird, zu vergleichen. Diese Zuflüsse werden wöchentlich gemessen, und daraus wie aus dem Areal der Oberfläche, welche sie liefert, liefs sich das Verhältnifs der aufgesammelten zu der gefallenen Wassermenge berechnen.

Im Durchschnitt aus 22 Jahren von 1830 bis 1851 wurden erhalten.

Monat.	Regenmenge in Pariser Zoll.	Anzahl der Regen- oder Schneetage.	Verhältnifs des in den Teichen aufgesammelten zu dem herabgefallenen Wasser.
Januar	1,4905	15,73	
Februar	1,0816	14,27	0,912
März	1,5875	17,77	
April	1,5849	15,23	
Mai	2,5644	15,23	0,472
Juni	2,7091	15,23	
Juli	3,3892	15,00	
August	2,0128	14,64	0,230
September	2,1798	13,32	
October	1,7438	15,45	
November	1,7200	16,14	0,494
December	1,6539	16,55	
	Summa 23,7175	184,56	Mittel 0,477

Die Regenmenge nimmt von ihrem Minimum im Februar bis zu ihrem Maximum im Juli zu, und wieder bis zum Februar ab, wovon nun der August eine beträchtliche, der April eine geringfügigere Ausnahme macht. Die gröfste Regenmenge wurde 1831 mit 35,6487 Par. Zoll, die geringste 1842 mit 16,2859 Par. Zoll erhalten. Der an Regen reichste Monat war der Juli 1841 mit 6,8 Par. Zoll, der ärmste der Februar 1832 mit noch nicht 0,1 Par. Zoll und einem einzigen Schneetage. Die gröfste Anzahl der Regentage in einem Monat war 26, im December 1836 und *im Januar* 1839. Die gröfste Menge des in Einem Tage

gefallenen Wassers betrug 2,1865 Par. Zoll am 8. Juni 1841. In den 22 Jahren wurden an 24 Tagen mehr als 1 Par. Zoll Wasser aufgefangen, welche Tage alle, mit Ausnahme des 18 Februars 1850, in die wärmeren Monate fallen.

Das Verhältnifs des in den Teichen aufgefangenen Wassers zu dem gefallenen variirt aus nahe liegenden Gründen sehr stark von einem Quartal zum anderen; es ist dieses so stark, dafs auf das 1ste Vierteljahr die kleinste Regenmenge und die meisten Wasserzuflüsse, auf das 3te Vierteljahr die gröfste Regenmenge und die wenigsten Wasserzuflüsse kommen. Dieses Verhältnifs dürfte in Wahrheit etwas niedriger seyn, als obige Zahlen angeben, weil theils die Regenmenge wegen des Verlustes bei Schneegestöber zu klein gefunden wurde, theils der hohe Standpunkt des Regenmessers sie ebenfalls verringert, theils in den höher im Gebirge liegenden Sammelrevieren der Wasserversorgung etwas mehr Wasser herabfällt, als zu Freiberg. Man wird sich von der Wahrheit wenig entfernen, wenn man annimmt, dafs in unseren Gegenden 0,4 des Wassers, welches herabfällt, aufgesammelt werden kann.

IX. *Betrachtungen über einige physische Eigenschaften der Körper; von J. A. Groshans.*

Aus meinen letzten Betrachtungen [1]) geht eine Formel hervor, mittelst deren man den Siedpunkt eines Körpers berechnen kann, wenn man die atomistische Constitution desselben und seine Dichtigkeit im flüssigen Zustande für irgend eine einzige Temperatur kennt.

Diese Formel, von deren Gliedern einige einen verschiedenen Werth für jede Körpergruppe besitzen, ist für die Aether $C_4H_{10}O$ und $C_{10}H_{22}O$ und deren Verbin-

1) Diese Ann. Ergänzungsbd. III. Heft IV. S. 596.

dungen mit organischen Säuren und dem Schwefel folgende:

$$(m+E)^3=(2m+3E-t)A \quad \ldots (1).$$

Die Gröfse A hat zwei Werthe, die zu einander im Verhältnifs 1 : 2 stehen, je nachdem der Körper von 2 oder von 4 Volumen verdichtet ist.

Im ersten Fall, dem von 2 Volumen, ist

$$A=\frac{3(m+100)\,a\,m\,\mathrm{Vol}.t}{9.2\,V588} \quad \ldots (2),$$

im zweiten Fall, dem von 4 Volumen:

$$A=\frac{3(m+100)\,a\,m\,\mathrm{Vol}.t}{9.4\,V588} \quad \ldots (3).$$

In diesen Formeln bedeuten: m die Zahl 273; a das Atomgewicht ($H_2=1$); Vol.t das flüssige Volumen beobachtet bei t^0; $V=p+q+r$, die Atome C, H, O eines Körpers $p\,C+q\,H+r\,O$; ferner 9 das Atomgewicht und $(m+100)$ den Siedpunkt des Wassers; 3 die Anzahl der Atome des Wassers H_2+O; E den Siedpunkt irgend eines Aethers und 588 das reducirte Volum des gemeinen Aethers.

Die folgende Tafel zeigt die Uebereinstimmung der Resultate der Formel (1) mit denen der Erfahrung.

Tafel I.

Körper.	C	H_1	O	V	a	Vol. bei t^0	t	Beobachter.	Berechnetes E	Beobachtete Siedpunkte.
Aether	4	10	1	15	37	627,9	0°	Kopp	34,3	34.9 K[1]) 35,5 P[2])
Ameisenäther	6	12	4	22	74	979,1	»	»	46,3	54,9 » 52,9 »
Essigäther	8	16	4	28	88	1208	»	»	75,5	74,3 » 74,1 »
Butterholzäther	10	20	4	34	102	1384	»	»	94,9	95,9 » 102,1 »
Butteräther	12	24	4	40	116	1604	»	»	119,2	114,8 » 119,0 »
Kohlens. Aether	5	10	3	18	59	756,4	19	Dumas	130,5	125,5 Dumas
Oxaläther	6	10	4	20	73	834,9	7	Mitsch. Angabe	185,3	180 — 184 Versch. Beobachter
Oenanthäther	22	44	4	70	186	2664	15	Delffs	227,8	224 W. Delffs

1) K. bedeutet Kopp. 2) P. bedeutet Pierre.

Ich habe den sieben Wein-Aethern den methylbutter*sauren* Aether hinzugefügt, welcher ihnen in seinen phy-

sischen Eigenschaften mehr ähnelt als die übrigen Methyläther.

Es ist leicht, den Werth von E durch die Formel zu berechnen; ich bediene mich dazu des folgenden Verfahrens. Nachdem ich A bestimmt, ziehe ich aus $2mA$ die Kubikwurzel und nenne sie $(m+e)$, dann ziehe ich, unter Voraussetzung $t=0$, aus $(2m+3e)A$ die Kubikwurzel und nenne sie $(m+e')$. Die Ausziehung der Wurzel aus $(2m+3e')A$ liefert eine dritte Annäherung und so fort, wo dann nach einigen Ausziehungen die Wurzel sich nicht mehr ändert. Auf diese Weise gab der Essigäther folgende Zahlen: 37; 57; 67; 71; 73; 74,4; 75,0; 75,3 und 75,5. Die Gleichung (1) kann nur eine einzige positive Wurzel haben.

Indem ich, speciell für die Aether, aus einander setze, wie die Formel eine natürliche Folge meiner Betrachtungen ist, wird es mir leicht, sie allgemein auf alle Körper auszudehnen.

Die Formel beruht auf folgenden Principien:

1) Die Dichtigkeit des Dampfes eines Körpers $pC+qH_1+rO$ bei $0^m,76$ und E kann ausgedrückt werden durch $x(p+q+r)$; die Einheit ist dann $\frac{1}{3}$ der Dichte des Wasserdampfes bei $0^m,76$ und 100^0 C.

2) Bei vielen Körpern ist $x=1$, bei anderen $=\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ oder einem anderen einfachen Verhältnifs, zuweilen scheint x auch ein complicirteres Verhältnifs auszudrücken.

3) Multiplicirt man das flüssige Volum eines Körpers bei E mit $\frac{E}{m+E}$, so erhält man das *reducirte Volum.* Die reducirten Volume von Körpern einer selben Gruppe verhalten sich zu einander wie die Werthe von x; d. h. nennt man, für $x=1$, das reducirte Volum irgend einer Gruppe: Vol. k, so ist für andere Werthe von x das reducirte Volum $=\frac{\text{Vol.}k}{x}$. Für die Aether ist dieses Volum $=\frac{588}{x}$, für den gemeinen Aether, für den Kohlensäure- und Oxalsäure-Aether ist $x=1$ und Vol. $k=588$.

4) Die Ausdehnung der Flüssigkeiten kann ausgedrückt werden durch die Formel:

$$\text{Vol.}\,t = \frac{\text{Vol.}\,0^{\circ}}{1 - \frac{t}{nm + (n+1)E}} \quad \ldots \; (4)$$

für die Aether ist $n=2$.

Das Princip der Dichtigkeit der Dämpfe wird ausgedrückt durch die Formel

$$\frac{9}{m+100} : \frac{a}{m+E} = 3 : xV \quad \ldots \; (5).$$

Das Princip der reducirten Volume wird ausgedrückt durch die Formel

$$\text{Vol.}\,E = \frac{588}{x} \times \frac{m+E}{m} \quad \ldots \; (6).$$

Das Volum bei t hängt ab von dem Volum bei E, wie die Formel anzeigt:

$$\text{Vol.}\,t = \frac{\text{Vol.}\,E}{1 + \frac{E-t}{n(m+E)}} \quad \ldots \; (7)$$

und wird für die Aether

$$\text{Vol.}\,t = \frac{\text{Vol.}\,E}{1 + \frac{E-t}{2(m+E)}} \quad \ldots \; (8).$$

Combinirt man die Formel (6) mit der Formel (7) oder (8), so verschwindet Vol. E; combinirt man die resultirende Formel mit der Formel (5), so macht man x verschwinden, und die allgemeine Formel wird:

$$(m+E)^{3} = [mn + (n+1)E - t]A \quad \ldots \; (9).$$

Bei einer Condensation von 2 Volumen ist die Formel (5) anwendbar; allein bei einer Condensation von 4 Volumen verwandelt sie sich in die folgende:

$$\frac{9}{m+100} : \frac{a}{m+E} = 3 : 2xV \quad \ldots \; (10).$$

Diefs bewirkt für A eine analoge Veränderung. In der *Formel (9)* hat also A die beiden Werthe:

für 2 Volume:

$$A = \frac{3am(m+100)\,\text{Vol.}\,t}{9.nV.\text{Vol.}\,k} \quad \ldots (11)$$

und für 4 Volume:

$$A = \frac{3am(m+100)\,\text{Vol.}\,t}{9.2nV.\text{Vol}\,k} \quad \ldots (12).$$

Wenn die Verdichtung (von 2 oder 4 Volumen) unbekannt ist, hat man zwei Werthe von A und zwei Siedpunkte, von denen blofs einer richtig ist. In diesem Fall bedürfte man zweier Beobachtungen des flüssigen Volumens bei t und bei t', um das Volumen von k zu berechnen. Die Formel:

$$E = (S-1)m + \frac{S}{K} \quad \ldots (13)$$

welche für die Aether ist:

$$E = -\frac{2m}{3} + \frac{1}{3K} \quad \ldots (14)$$

giebt hierauf den Siedpunkt und demgemäfs die Dichte des Dampfes bei $0^m,76$ und $0°$. Es wird also wahrscheinlich bald bei vielen Körpern unnütz seyn, die Dampfdichte direct zu bestimmen. Die Formel (9) wird bisweilen dazu dienen können, sich der Richtigkeit einer Analyse zu versichern.

Bei den Körpern, die keinen Sauerstoff, Wasserstoff oder Kohlenstoff enthalten, und überdiefs aus Schwefel, Stickstoff oder anderen Elementen zusammengesetzt sind, hat V gleichfalls einen bestimmten Werth und x kann ± 1 seyn oder jeden anderen Werth haben.

Allein die Dichte eines Atoms von S oder N ist, wie voraus zu sehen, nicht $=1$ wie die eines Atoms C, H oder O. Bei mehren Aethern, deren reducirtes Volum $=588$, und in welchen also $x=1$, hat der Schwefel überdiefs eine Dichte $=2$, was aus der folgenden Tafel hervorgeht; in dem Aether $C_4H_{10}O$, SO_2 scheint indefs ein Atom von S die Dichte $=3$ zu besitzen. Wenn aber die Dichte *eines* Elementes variiren kann, so ist es wahrscheinlich, dafs die übrigen Elemente dieselbe Erscheinung zeigen werden.

In nachstehender Tafel sind V und E nach der Formel (5) berechnet, und die reducirten Volume nach den Formeln (6) und (8).

Tafel II.

Formel.	V	E Berechnet.	a	Volum bei t	t	Beobachter.	Berech. Volum k.	Beobachtete Siedpunkte.
$C_4H_{10}S$	16	76,6	45	672,3	0°	Pierre	582,5	73 Regn. 91 Pierre
$C_4H_{10}S_2$	18	148,2	61	—	—	—	—	151 Regn. Angabe
$C_4H_{10}S, CO_2$	19	165,5	67	811,4	1	Debus	599,6	161 — 162 Debus
$C_4H_{10}O, CS_2$	20	193,2	75	876	10?	»	613,4	200 Debus
$C_4H_{10}O, SO_2$	20	155,8	69	930	160	Pierre	586	160,3 Pierre

Bekanntlich giebt es noch einen Aether $C_4H_{10}S, CS_2$; wenn darin $S=2$, würde $V=21$ und $E=218{,}7$; indefs hat Debus $E=237$ gefunden. Für $V=20$, würde $E=243$; es hätte also S_3 eine Dichte $=5$, was mir nicht wahrscheinlich scheint. Debus sagt (im *Jahresbericht* von Kopp und Liebig 1850 S. 467), Löwig und Schweizer hätten vor ihm für E eine niedrigere Temperatur gefunden, er habe sich aber überzeugt, dafs E für diesen Aether wirklich zwischen 237 und 240 läge. Fernere Versuche werden diese Thatsache aufklären.

Ein Unterschied von 18 Graden in der Bestimmung des Siedpunkts ist nicht ohne Beispiel. Beim Aether $C_4H_{10}S$ ist E, nach Regnault, $=73$, nach Pierre, $=91$. Ich habe den Siedpunkt (für $V=16$) bei 76,6 nach der Formel (5) und bei 74,7 nach der Formel (1) berechnet; nach der Formel (22), siehe Taf. III., berechnet sich E ohne V zu 71,5. Ich glaube also, dafs die Bestimmung von Regnault die genauere ist.

In den Formeln (9), (11) und (2) ist das Volumen bei t^0 berechnet nach dem Atomgewicht $O=100$, und in derselben Formel befinden sich Atomgewichte, in welchen $H_2=1$. Es ist leicht die Ausdrücke gleichförmig zu machen. Es genügt, darin zu setzen:

$$1)\quad \frac{a}{112{,}5}=\frac{a}{9}\ \ldots\ (15)$$

indem man a einen 12,5 mal gröfseren Werth beilegt; dann ferner zu setzen:

$$2)\quad \text{Vol.}\, t = \frac{a}{d_t} \; . \; . \; . \; (16)$$

worin d_t die Dichte der Flüssigkeit bei t bezeichnet. Die allgemeine und die specielle Formel sind dann:

$$(m+E)^3 = \left\{ nm + (n+1)E - t \right\} \frac{3ma^2(m+100)}{112{,}5\,(n \text{ oder } 2n)\, d_t\, V.\,\text{Vol.}\, k} \quad (17)$$

und

$$(m+E)^3 = \left\{ 2m + 3E - t \right\} \frac{3ma^2(m+100)}{112{,}5\,(2 \text{ oder } 4)\, d_t\, V.\, 588} \quad (18).$$

Es scheint dereinst möglich zu werden, die Analyse einiger Körper in zweifacher Weise anzustellen, einmal durch die gegenwärtig üblichen Mittel, und dann durch den Vergleich der physischen Eigenschaften.

Gesetzt, man könne für einen gewissen Aether $pC + qH + rO$ *a priori* wissen, dafs $x = 1$ sey; dann würde man a durch d_t und E berechnen können, wie aus folgenden Formeln erhellt:

$$\text{Vol.}\, E = \text{Vol.}\, t\, \frac{2m + 3E - t}{2(m+E)} \; . \; . \; . \; (19)$$

$$\text{Vol.}\, E = 588{,}5\, \frac{m+E}{m} \; . \; . \; . \; (20)$$

$$\text{Vol.}\, t = \frac{a}{d_t} \; . \; . \; . \; (21),$$

aus welchen $(O = 100)$:

$$(m+E)^2 = (2m + 3E)\, \frac{am}{2 d_t\, 588{,}5} \; . \; . \; . \; (22).$$

Diese letzte Formel hat die Resultate der folgenden Tafel geliefert:

Tabelle III.

Formel	a $0=100$	d_t	t	Beobachter	Berechnetes E	Beobachtete Siedpunkte.
$C_4H_{10}O$	462,5	0,7366	0°	Kopp	34,9	34,9 Kopp; 35,5 Pierre
$C_4H_{10}O, C_2O_3$	912,5	1,0928	7	Mitsch. Angabe	190,6	180 — 184 Versch. Beob.
$C_4H_{10}O, CO_2$	737,5	0,975	19	Dumas	124,8	125 — 126 Dumas
$C_4H_{10}O, SO_2$	862,5	1,1063	0	Pierre	154,0	160,3 Pierre
$C_4H_{10}S$	562,5	0,8367	»	»	71,5	73 Regn.; 91 Pierre
$C_4H_{10}S, CO_2$	837,5	1,032	1	Debus	177,2	161 — 162 Debus

Die, was den Erweis der physischen Eigenschaften betrifft, in einer bestimmten Absicht gemachten Versuche von Pierre und von Kopp haben, wie zu erwarten, im Allgemeinen genauere Resultate ergeben als die von anderen Beobachtern.

Wenn man also a durch d_t und E berechnet hätte, würde man V durch die Formel:

$$\frac{112,5}{m+100} : \frac{a}{m+E} = 3 : V \quad \ldots \; (23)$$

berechnen können, und da man auf diese Weise a und V kennte, würde man p, q und r berechnen können durch die Formeln:

$$p+q+r=V \quad \ldots \; (24)$$

$$6p+\tfrac{1}{2}q+8r=a \text{ [1]} \quad \ldots \; (25)$$

woraus:

$$p=\frac{2a-V-15r}{11} \quad \ldots \; (26).$$

Macht man dann in der letzten Formel successive $r=1$, 2, 3 u. s. w., so bestimmt man leicht p, q und r, die insgesammt ganze Zahlen seyn müssen.

Wenn man z. B. für den Aether $C_4H_{10}O$ nimmt $d_{0^\circ}=0,7366$ und $E=35$, so findet man durch die Formel (22) $a=462,8$. Setzt man $a=462,5$ in der Formel (23), so ergiebt sich $V=14,94$. Setzt man in der Formel (26) $V=15$ mit $a=37$ ($H_2=1$), so findet man $r=1$ und $p=4$, woraus $q=10$. Das allgemeine Resultat ist die Zusammensetzung des Aethers $C_4H_{10}O$.

Rotterdam, Januar 1852.

1) $H_2=1$.

X. *Ueber den Einfluſs des Wassers bei chemischen Zersetzungen; von Heinrich Rose.*

(Fortsetzung.)

---

7. Ueber die Verbindungen der Borsäure und des Wassers mit dem Kobaltoxyd.

Es wurde nur der Niederschlag der Untersuchung unterworfen, welcher vermittelst der Auflösung des gewöhnlichen Borax in einer Auflösung des schwefelsauren Kobaltoxyds erhalten worden war.

Von beiden Salzen wurden gleiche Atomgewichte in 12 Theilen kalten Wassers gelöst, und die Lösungen mit einander in der Kälte gemischt. Der dadurch entstandene voluminöse Niederschlag von rother Farbe senkte sich schwer; er wurde mit kaltem Wasser ausgewaschen. Die filtrirte Flüssigkeit war roth gefärbt; das Salz ist daher im Wasser nicht unlöslich, doch löslicher in reinem Wasser, als in der Auflösung des schwefelsauren Natrons, das sich bei der Fällung gebildet hatte; das Waschwasser gab daher eine Trübung durchs Zusetzen, sowohl von Auflösungen von schwefelsaurem Kobaltoxyd, als auch vom Borax.

Beim Auswaschen des Niederschlags wurde er nach und nach dunkel schwarzroth gefärbt. Nach dem Trocknen an der Luft enthielt er Kohlensäure; bei der Auflösung desselben in Chlorwasserstoffsäure entstand daher ein lebhaftes Brausen, aber alles entweichende Gas war vollkommen geruchlos, so daſs die dunkle Farbe, welche die Fällung beim Auswaschen erhalten hatte, nicht von entstandenem Superoxyd herrühren konnte. Wurde der Niederschlag bei 100° C. getrocknet, so enthielt er keine Spur von Kohlensäure mehr.

Die Untersuchung der bei 100° C. getrockneten Verbindung geschah auf folgende Weise:

Ein Theil derselben wurde zur Bestimmung des Was-

sergehalts mit einer gewogenen Menge von Bleioxyd geglüht.

In einem andern Theile wurde nach der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure vermittelst Chlorbaryums die Menge der Schwefelsäure bestimmt.

Ein dritter Theil wurde in Fluorwasserstoffsäure gelöst, die Lösung zur Trocknifs abgedampft, und das trockne Fluorkobalt der Behandlung mit Wasserstoffgas unterworfen. Es wurde dadurch sehr leicht und ohne Verlust in metallisches Kobalt verwandelt, das mit Wasser behandelt, keine Verunreinigung von Natron zeigte, welches also bei der Darstellung der Verbindung vollkommen ausgewaschen worden war. Das Kobalt wurde in Chlorwasserstoffsäure gelöst, und aus der Auflösung das Oxyd durch Kalihydrat gefällt.

Die Zusammensetzung der bei 100° C. getrockneten Verbindung war folgende:

		Sauerstoff.
Kobaltoxyd	52,46	11,19
Borsäure	30,65	21,08
Schwefelsäure	0,75	0,45
Wasser	16,14	14,35
	100,00.	

Es ist zweifelhaft, ob die Zusammensetzung besser empirisch durch $5\dot{Co} + 3\dddot{B} + 6\dot{H}$, oder durch $3\dot{Co} + 2\dddot{B} + 4\dot{H}$ ausgedrückt werden kann. Die berechneten Zusammensetzungen nach beiden Annahmen sind folgende:

	At.		At.	
Kobaltoxyd	5	54,15	3	51,53
Borsäure	3	30,24	2	31,97
Wasser	6	15,61	4	16,50
		100,00.		100,00.

Die letzte Annahme, nach welcher die Zusammensetzung der Verbindung durch $2(\dot{Co}\dddot{B} + \dot{H}) + \dot{Co}\dot{H} + \dot{H}$ ausgedrückt werden kann, ist die wahrscheinlichere, nicht nur weil in diesem Falle die berechnete Zusammensetzung mit der gefundenen besser übereinstimmt, sondern weil eine

ähnlich zusammengesetzte Verbindung von Nickeloxyd und Borsäure unter gleichen Verhältnissen entsteht.

Durch den Einflufs des Wassers wird dem borsauren Kobaltoxyd nicht so viele Borsäure entzogen, wie unter gleichen Verhältnissen dem Kupferoxyd (Bd 87, S. 593). Die Verwandtschaft der Borsäure zum Kobaltoxyd ist also gröfser, als die zum Kupferoxyd.

8. Ueber die Verbindungen der Borsäure und des Wassers mit dem Nickeloxyd.

Auch in diesem Falle wurden nur die Verbindungen der Untersuchung unterworfen, welche durch gewöhnlichen Borax dargestellt worden waren.

I. Lösungen gleicher Atomgewichte von Borax und von schwefelsaurem Nickeloxyd in 12 Theilen kalten Wassers in der Kälte mit einander vermischt, gaben einen voluminösen grünen Niederschlag, der sich schwer senkte. Die filtrirte Flüssigkeit war grün gefärbt, was von der Auflöslichkeit des borsauren Nickeloxyds herrührt. Sie gab eine starke Trübung vermittelst Borax, aber nicht durchs Zusetzen einer Nickeloxydlösung. Der Niederschlag wurde nach dem Filtriren nicht ausgewaschen, sondern zwischen Fliefspapier geprefst.

Die Untersuchung der Verbindungen des Nickeloxyds mit der Borsäure geschah auf dieselbe Weise, wie die des Kobaltoxyds mit derselben Säure.

Die Zusammensetzung des bei 100° C. getrockneten Niederschlags war folgende:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Nickeloxyd	36,44	7,76	2	36,75
Borsäure	34,16	23,49	2	34,15
Schwefelsäure	5,18	3,10	$\frac{1}{4}$	4,90
Wasser	21,82	19,40	5	22,02
Natron	2,40	0,61	$\frac{1}{4}$	2,18
	100,00.			100,00.

Durch die Fällung vermittelst des zweifach-borsauren Natrons ist also in der Auflösung des schwefelsauren

Nickeloxyds einfach - borsaures Nickeloxyd erzeugt, und daher durch den Einflufs des Wassers nur die Hälfte der Borsäure ausgeschieden worden. Man sieht daraus, dafs die Verwandtschaft der Borsäure zum Nickeloxyd gröfser als zum Kupferoxyd ist, da die Verbindung, die unter gleichen Verhältnissen aus einer schwefelsauren Kupferoxydauflösung gefällt worden (Bd. 87, S. 592), ungleich weniger Borsäure enthält. Die unter ähnlichen Verhältnissen erzeugte Verbindung der Borsäure mit dem Bleioxyde (Bd. 87, S. 475) hat eine diesem borsauren Nickeloxyd ähnliche Zusammensetzung.

Uebrigens kann die borsaure Nickeloxyd - Verbindung kaum eine neutrale genannt werden, da etwas Nickeloxyd, ungefähr $\frac{1}{3}$tel Atom, mit Schwefelsäure verbunden als $\dot{N}i^{3}\dddot{S}$ in der Verbindung nebst schwefelsaurem Natron angenommen werden kann.

II. Die Lösungen beider Salze wurden in denselben Verhältnissen wie beim Versuch I mit einander gemischt, aber der entstandene Niederschlag mit kaltem Wasser ausgewaschen. Im lufttrocknen Zustande enthielt die Verbindung Kohlensäure, welche sie aber durchs Trocknen bei 100° gänzlich verlor. Aufserdem enthielt sie Schwefelsäure, aber in so geringer Menge, dafs sie nicht quantitativ bestimmt werden konnte. Von einem Natrongehalte war sie frei. Bei 100° C. hatte sie folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Nickeloxyd	50,62	10,78	3	49,53
Borsäure	29,97	20,61	2	30,68
Wasser	19,41	17,25	5	19,79
	100,00.			100,00.

Die Zusammensetzung kann durch $2(\dot{N}i\dddot{B}+\dot{H})+\dot{N}i\dot{H}+2\dot{H}$ ausgedrückt werden. Sie ist ähnlich zusammengesetzt wie die unter ähnlichen Verhältnissen erzeugte Kobaltoxydverbindung, nur enthält diese ein Atom Wasser *weniger*.

III. Die Lösungen gleicher Atomgewichte beider Salze in 12 Theilen Wasser wurden kochend gemengt, und nach der Vermischung das Ganze einige Zeit hindurch im Sieden erhalten. Die vom voluminösen Niederschlag getrennte Flüssigkeit war grün gefärbt, und gab mit Borax noch eine bedeutende Fällung. Nach dem Filtriren wurde die Verbindung nicht ausgewaschen, sondern zwischen Fliefspapier geprefst. Bei 100° C. getrocknet hatte sie folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Nickeloxyd	53,58	11,42	8	53,97
Borsäure	26,07	17,24	4	25,00
Schwefelsäure	3,58	2,14	$\frac{1}{2}$	3,07
Wasser	15,50	13,78	9	14,56
Natron	2,27	0,58	$\frac{1}{2}$	2,80
	100,00.			100,00.

Die Verbindung hat nur halb so viel Borsäure gegen das Nickeloxyd, wie die des Versuchs I. Durch das heifse Wasser ist also unter sonst gleichen Verhältnissen dem borsauren Nickeloxyd noch einmal so viel Borsäure entzogen worden, wie durch das kalte Wasser.

9. Ueber die Verbindungen der Borsäure und des Wassers mit dem Zinkoxyde.

Es wurden nur die durch gewöhnlichen Borax dargestellten Verbindungen der Untersuchung unterworfen.

I. Lösungen gleicher Atomgewichte von zweifach-borsaurem Natron und von schwefelsaurem Zinkoxyd in 12 Theilen kalten Wassers gaben einen voluminösen Niederschlag, der nach dem Filtriren nicht ausgewaschen, sondern zwischen Fliefspapier geprefst wurde. — Die filtrirte Flüssigkeit gab mit Borax noch eine starke Fällung.

Die Untersuchung der bei 100° C. getrockneten Verbindungen des borsauren Zinkoxyds wurden auf folgende Weise analysirt:

Ein Theil wurde in Fluorwasserstoffsäure gelöst, die

Lösung zur Trocknifs abgedampft, der trockne Rückstand durch Schwefelsäure zersetzt, das Ganze abgedampft, dann in Wasser gelöst, und aus der Auflösung das Zinkoxyd durch Schwefelammonium als Schwefelzink gefällt, das auf die bekannte Weise in Zinkoxyd verwandelt wurde. In der vom Schwefelzink geschiedenen Flüssigkeit wurde die Menge des Natrons bestimmt.

In einem zweiten Theile wurde nach der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure, wobei bei Anwesenheit von Kohlensäure diese ihrer Menge nach bestimmt wurde, die Schwefelsäure vermittelst Chlorbaryums gefunden.

Ein dritter Theil wurde zur Bestimmung des Wassergehalts mit einer gewogenen Menge von Bleioxyd gemengt, geglüht.

Die Zusammensetzung der bei 100° C. getrockneten Verbindung war folgende:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	44,93	8,87	3	46,36
Borsäure	36,55	25,14	3	39,92
Schwefelsäure	1,50	0,90		
Wasser	12,24	10,88	4	13,72
Natron	4,78	1,23		100,00.
	100,00.			

Wie das unter ähnlichen Verhältnissen gefällte Nickeloxydsalz (S. 301) ist auch dieses Zinksalz ein neutrales, doch nicht ganz vollkommen, zumal da die gefundene Menge der Schwefelsäure nicht hinreicht, um das Natron zu sättigen, und daher ein Theil desselben mit Borsäure verbunden ist.

Die Verbindung war durchs Glühen geschmolzen, und bildete nach dem Erkalten krystallinische Blättchen, welche hartnäckig der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure widerstanden, und selbst bei Anwendung von Wärme sich nach mehreren Tagen nur zum Theil darin lösten.

II. Es wurde unter denselben Verhältnissen wie beim Versuch I der Niederschlag in der Kälte gebildet, aber nach

nach dem Filtriren mit kaltem Wasser ausgewaschen. Nach dem Trocknen sinterte die Verbindung durchs Glühen nur zusammen, konnte aber dadurch nicht zum Schmelzen gebracht werden. Sie hatte, bei 100° C. getrocknet, folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Zinkoxyd	59,71	11,78
Borsäure	21,90	15,06
Schwefelsäure	1,38	0,83
Kohlensäure	1,46	1,06
Wasser	13,98	12,43
Natron	1,57	0,40
	100,00.	

Es ist schwer, aus dem gefundenen Resultate eine wahrscheinliche Zusammensetzung aufzustellen. Es wurde deshalb die Verbindung noch einmal auf dieselbe Weise dargestellt, nur schneller bei 100° C. getrocknet. Sie enthielt dann keine Kohlensäure, und hatte folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	59,36	11,72	9	61,38
Borsäure	23,23	15,98	4	23,48
Schwefelsäure	1,25	0,75		
Wasser	15,16	13,47	10	15,14
Natron	1,00	0,26		100,00.
	100,00.			

Die Verbindung ist also einfach $4(\dot{Zn}\dddot{B}+\dot{H})+5\dot{Zn}\dot{H}$; die Analyse hat ein Atom Wasser noch mehr gegeben. Etwas Zinkoxyd ist mit der Schwefelsäure als basisches Salz in der Verbindung enthalten.

Durch das Auswaschen mit kaltem Wasser ist dem borsauren Zinkoxyd also eine bedeutende Menge von Borsäure entzogen worden, namentlich bedeutend mehr als unter ähnlichen Umständen dem Nickeloxyd (S. 302) und beinahe so viel als dem borsauren Kupferoxyde (Bd. 87, S. 593).

III. Die Lösungen gleicher Atomgewichte beider Salze in 12 Theilen Wasser wurden kochend mit einander vermischt, und das Ganze noch einige Zeit hindurch im Sieden erhalten. Die filtrirte Flüssigkeit gab weder mit Borax noch mit Schwefelammonium einen Niederschlag, wohl aber mit schwefelsaurem Zinkoxyd. Der Niederschlag wurde nach dem Filtriren nicht ausgewaschen, sondern nur zwischen Fliefspapier geprefst. Bei 100° C. getrocknet hatte er folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Zinkoxyd	60,40	11,92	15	60,90
Borsäure	13,85	9,52	4	13,98
Schwefelsäure	9,74	5,83	$2\frac{1}{2}$	10,04
Wasser	13,80	12,27	15	13,52
Natron	2,21	0,57	$\frac{1}{2}$	1,56
	100,00.			100,00.

Durch das heifse Wasser ist der Verbindung bedeutend Borsäure entzogen worden, aber obgleich dieser heifs gefällte, aber nicht ausgewaschene Niederschlag weit mehr Zinkoxyd gegen die Borsäure enthält, als der kalt gefällte, aber ausgewaschene, so sind beide doch wesentlich von einer ähnlichen Zusammensetzung, indem in der heifs gefällten Verbindung sehr viel basisch schwefelsaures Zinkoxyd enthalten seyn mufs. Man kann die Verbindung ansehen als zusammengesetzt aus $4(\dot{Zn}\dddot{B}+\dot{H})+5\dot{Zn}\dot{H}$, gemengt mit $2\dot{Zn}^3\dddot{S}$ und etwas, ungefähr einem halben Atom, $\dot{Na}\dddot{S}$.

10. Ueber die Verbindungen der Borsäure und des Wassers mit dem Cadmiumoxyd.

Die Verwandtschaft des Cadmiumoxyds zur Borsäure ist nicht so grofs, wie die zur Kohlensäure, wie diefs aus den wenigen Versuchen hervorgeht, welche nur mit dem gewöhnlichen Borax angestellt worden sind.

I. Lösungen von gleichen Atomgewichten vom schwefelsauren Cadmiumoxyd und von Borax in 12 Theilen *kalten* Wassers wurden mit einander vermischt. Der volumi-

nöse Niederschlag wurde abfiltrirt und ohne ausgewaschen zu werden zwischen Fliefspapier geprefst. Die filtrirte Flüssigkeit enthielt Cadmiumoxyd, und gab Fällungen mit Borax und mit Schwefelammonium.

Der Niederschlag bei 100° C. getrocknet wurde auf folgende Weise untersucht:

Ein Theil, mit einer gewogenen Menge von Bleioxyd gemengt, wurde, um den Wassergehalt zu finden, geglüht. Ein zweiter Theil diente nach Auflösung in Salpetersäure zur Bestimmung der Schwefelsäure.

Ein dritter Theil wurde durch Fluorwasserstoffsäure zersetzt, mit derselben zur Trocknifs abgedampft, der Rückstand mit Schwefelsäure behandelt, der Ueberschufs derselben durchs Erhitzen verjagt, der Rückstand in Wasser gelöst, und aus der Auflösung das Cadmiumoxyd vermittelst des kohlensauren Ammoniaks gefällt. Die filtrirte Flüssigkeit wurde zur Trocknifs abgedampft. Da das kohlensaure Ammoniak das Cadmiumoxyd nicht ganz vollständig fällt, so wurde der trockene Rückstand mit Schwefelwasserstoffwasser übergossen, und nachdem eine geringe Menge von Schwefelcadmium abfiltrirt worden, die Auflösung zur Trocknifs abgedampft, um das Natron zu erhalten.

Die Zusammensetzung des bei 100° getrockneten Niederschlags war folgende:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Cadmiumoxyd	52,26	6,56	6	53,36
Borsäure	32,56	22,39	7	34,08
Schwefelsäure	2,12	1,27		
Wasser	11,89	10,57	10	12,56
Natron	1,17	0,30		100,000.
	100,00.			

Die Verbindung ist also beinahe eine neutrale, jedoch ist gegen $6\dot{Cd}\dddot{B}$ ein Atom Borsäure mehr, also eine geringe Menge des Cadmiumoxyds ist mit Borsäure zu $\dot{Cd}\dddot{B}^2$ verbunden. Die erhaltene Schwefelsäure beträgt mehr, als

um mit dem Natron schwefelsaures Natron zu bilden; also auch mit der Schwefelsäure ist etwas Cadmiumoxyd zu unlöslichem basisch schwefelsaurem Cadmiumoxyd verbunden, wodurch die Menge des $\dot{C}d\dddot{B}^2$ noch etwas gröfser wird.

II. Die Lösungen wie bei dem Versuche I, wurden kochend mit einander vermischt, und das Ganze einige Minuten im Kochen erhalten. Hierdurch wurde das Cadmiumoxyd vollständig gefällt, denn die von der voluminösen Fällung filtrirte Flüssigkeit enthielt kein Cadmiumoxyd, und gab daher weder mit Schwefelammonium noch mit Borax einen Niederschlag, wohl aber durch eine Auflösung von schwefelsaurem Cadmiumoxyd.

Die Zusammensetzung des bei 100° C. getrockneten Niederschlags war folgende:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Cadmiumoxyd	61,05	7,66	15	61,80
Borsäure	22,66	15,58	10	22,56
Schwefelsäure	5,04	3,02	2	5,18
Wasser	10,43	9,27	18	10,46
Natron	0,82	0,31		100,00.
	100,00.			

Die gröfsere Verwandtschaft des Cadmiumoxyds zur Kohlensäure als zur Borsäure zeigt sich besonders durch die Zusammensetzung dieses bei erhöhter Temperatur gefällten Niederschlags, der bedeutend weniger Borsäure im Verhältnifs zum Cadmiumoxyd enthält, als der in der Kälte erzeugte. Die Verbindung scheint wesentlich aus $10(\dot{C}d\dddot{B}+\dot{H})+5\dot{C}d\dot{H}$ zu bestehen; aber die Menge der Schwefelsäure ist weit beträchtlicher als nöthig ist, um mit dem erhaltenen Natron schwefelsaures Natron zu bilden. Um mit diesem Ueberschufs von Schwefelsäure ein unlösliches $\dot{C}d^3\dddot{S}$ zu bilden, sind ungefähr von den 15 At. Cadmiumoxyd nicht weniger als 4 Atome nöthig.

(Fortsetzung folgt.)

XI. *Ueber eine Methode, unter der Glocke einer Luftpumpe ein vollkommenes Vacuum zu erhalten; von Thomas Andrews.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem *Philosoph. Magaz.* 1852 Febr.)

Der Raum, welchen eine lange Glasröhre voll Quecksilber bei Umkehrung in einem Bade desselben Metalls, oben hinterläfst, ist die gröfste, bisher erreichte Annäherung zu einem vollkommenen Vacuum. Zwar enthält er bei unserer gewöhnlichen Sommertemperatur, und wahrscheinlich auch bei niedrigeren Temperaturen, etwas Quecksilberdampf; allein die Menge ist aufserordentlich gering und ihre herabdrückende Wirkung auf die Quecksilbersäule mufs ganz unwahrnehmbar seyn. Aufser dem Quecksilberdampf läfst sich, selbst in sorgfältig gefüllten und ausgekochten Röhren gemeiniglich eine Spur von Luft entdecken. Man bemerkt diefs am besten, wenn man die Röhre neigt, bis das Quecksilber mit der oberen Wölbung in Berührung kommt, wo jegliche Luft, die zu dem Vacuum durchgedrungen ist, sich zu einem kleinen, aber stark verdünnten Bläschen ansammelt. Es ist leicht die Depression, welche das Quecksilber durch diesen Luftrückstand erleidet, annähernd zu berechnen. Zu dem Ende neigt man die Röhre, bis das Bläschen nur einen Druck von wenigen Zollen Quecksilber, in senkrechter Richtung gemessen, erleidet. In dieser Lage messe man den scheinbaren Durchmesser desselben und auch den Druck, den es erleidet. Für den beabsichtigten Zweck kann das Volum des Bläschens in der Voraussetzung berechnet werden, dafs es eine Kugel sey. Auch der vom Vacuum eingenommene Raum mufs abgeschätzt werden, und mit diesen Daten läfst sich dann die Depression der Quecksilbersäule leicht berechnen.

Sey V das Volum des Raumes über dem Quecksilber bei senkrechter Stellung der Röhre; p der Druck, unter welchem der Durchmesser des Bläschens gemessen worden

ist; r der Halbmessser des Bläschens, und x die Depression der Quecksilbersäule; so ist

$$x = \frac{4}{3} r^3 \pi p \frac{1}{V}$$

Ist der Durchmesser $2r$ des Bläschens $= 0{,}02$ Zoll, der Druck $p = 2$ Zoll, und der Raum $V = 1{,}2$ Kubikzoll, so ist x nahe $= 0{,}00001$ Zoll, oder die Depression des Quecksilbers wegen nicht absoluter Vollkommenheit des Vacuums beträgt $\frac{1}{100000}$ Zoll. Es ist in Praxis leicht, diese Annäherung zu einem vollkommenen Vacuum zu verwirklichen. Die oben angeführten Gröfsen gelten in der That für eine barometrische Röhre, die zu den weiterhin beschriebenen Versuchen angewandt worden ist.

Im Punkte der Vollkommenheit läfst also das Torricelli'sche Vacuum kaum etwas zu wünschen übrig, allein unglücklicherweise ist es zu wenigen physikalischen Untersuchungen geeignet. Es läfst sich kein Instrument hineinbringen und ebenso wenig eine Substanz, die vom Quecksilber angegriffen wird. Das Vacuum einer Luftpumpe ist diesen Einwürfen nicht ausgesetzt; allein selbst mit den Pumpen von bester Construction, im besten Zustande, läfst sich nur ein unvollkommenes Vacuum erhalten. Eine gewöhnlich gute Pumpe mit seidenen Ventilen evacuirt selten bis 0,2 Zoll, und sehr selten, wenn das Manometer gehörig construirt ist, bis 0,1 Zoll.

In seinen *Etudes hygrométriques* giebt Hr. Regnault die folgende Methode, um die Evacuation noch weiter zu treiben, nachdem die Ventile ihren Dienst versagt haben [1]). In einen grofsen Glasballon von 20 bis 25 Liter Rauminhalt (4,5 bis 5,5 engl. Gallons) bringt er eine hermetisch versiegelte Glaskapsel, die 40 bis 50 Grm. Schwefelsäure enthält. Er bringt auch in den Ballon 2 bis 3 Grm. Wasser, und pumpt nun bis das Wasser gänzlich verschwunden ist und die Maschine zu wirken aufhört. Nun zerbricht er die Kapsel durch Schütteln des Ballons. Dadurch kommt die Schwefelsäure mit dem Wasserdampf,

1) *Ann. de Chimie, Ser. III. T. XV. p.* 190.

welcher die rückständige Luft fast gänzlich verdrängt hat, in Berührung, verdichtet ihn, und läfst ein beinahe vollkommenes Vacuum zurück. Dieser so evacuirte Ballon wird nun in Verbindung gesetzt mit dem Apparat, in welchem man ein vollkommenes Vacuum herstellen will, mit der Vorsicht, die Luft aus den Verbindungsröhren zu entfernen. Nach Oeffnen der Hähne verbreitet sich die Luft gleichförmig in den beiden Räumen; und wenn die Capacität des Ballons bedeutend ist gegen die des andern Gefäfses, so kann darin die Spannkraft der Luft bis auf einen kleinen Bruch eines Millimeters herabgebracht werden. Ist dagegen die Capacität des letzteren bedeutend, so mufs die Operation mehrmals wiederholt werden.

Dieser sinnreiche Procefs ist nicht geeignet, im zweiten Gefäfs ein sehr vollkommenes Vacuum zu geben, sobald die Operation nicht mehrmals wiederholt wird, was aufserordentlich mühsam wäre. Es ist auch Schwierigkeiten in der Ausführung ausgesetzt, die Jedem, der mit derartigen Versuchen vertraut ist, sogleich entgegentreten. Ueberdiefs liefert es nicht die Mittel zur Erlangung eines Vacuums, welches, so weit die Anzeigen eines Quecksilbermanometers zu beobachten sind, vollkommen ist, da bei Hrn. Regnaults Beobachtungen die Spannkraft der Luft, obwohl nur einen kleinen Bruch vom Millimeter betragend, doch noch mefsbar war.

Durch den folgenden Procefs kann, bei den nöthigen Vorsichtsmafsregeln, mit sehr geringer Mühe in dem gewöhnlichen Recipienten einer Luftpumpe ein so vollkommnes Vacuum erhalten werden, dafs die Luft keine merkbare Spannkraft ausübt. Selbst nachdem diese Gränze erreicht worden, kann die Evacuation noch weiter getrieben werden, bis das Vacuum nicht minder vollkommen geworden als das Torricelli'sche, während zugleich, bei Fortlassung des Manometers, auch die Anwesenheit von Quecksilberdampf vermieden wird. Die zur Erlangung dieses Resultats erforderlichen Manipulationen hindern nicht, die feinsten Instrumente in dem Recipienten anzubringen.

In den Recipienten einer gewöhnlichen Luftpumpe, welchen man nicht weiter als bis 0,3 Zoll oder selbst 0,5 Zoll zu evacuiren braucht, welcher aber die Evacuation beliebig lange vollkommen zu halten vermag, bringt man zwei offene Gefäfse, am besten das eine über dem anderen; das untere enthält concentrirte Schwefelsäure, das obere eine dünne Schicht von Aetzkalilauge, die frisch durch Einsieden concentrirt worden ist. Auf die Mengen dieser Flüssigkeiten kommt es nicht genau an, sobald sie nur so gewählt sind, dafs die Säure im Stande ist, die Kalilauge vollständig einzutrocknen, ohne selbst dadurch bedeutend in der Concentration geschwächt zu werden; und keine gröfsere Oberfläche darbietet, dafs sie die Lauge mindestens erst in fünf bis sechs Stunden eintrocknet. Zunächst pumpt man bis die Luft in dem Recipienten eine Spannkraft von 0,3 bis 0,4 Zoll erlangt hat, und schliefst nun den Hahn unter dem Teller. Dann errichtet man eine Communication zwischen der zur Einlassung von Luft unter den Ventilen bestimmten Röhre und einem Gasometer, der sorgfältig bereitete, von aller atmosphärischen Luft freie Kohlensäure enthält. Nachdem aus den Verbindungsröhren durch abwechselndes Auspumpen und Hineinlassen von Kohlensäure alle Luft entfernt worden, wird der Hahn unter dem Teller geöffnet und die Kohlensäure in den Recipienten eingelassen. Dann wird wieder schnell bis auf einen halben Zoll und weniger ausgepumpt. Wünscht man ein sehr vollkommenes Vacuum, so kann diese Operation abermals wiederholt werden, und, wenn äufserste Genauigkeit erforderlich ist, selbst ein drittes Mal. Es ist nicht wahrscheinlich, dafs durch weitere Fortsetzung des Processes noch etwas gewonnen werde. Ueberläfst man nun den Apparat sich selbst, so wird die Kohlensäure, welche die rückständige Luft verdrängt hat, durch die Kalilauge absorbirt, und hiernach der Wasserdampf durch die Schwefelsäure entfernt. Das hiedurch erhaltene Vacuum ist so vollkommen, dafs es selbst nach zwei Operationen keine wahrnehmbare Spannkraft zeigt.

Um eine klare Vorstellung von der fortschreitenden Ab-

sorption zu geben, will ich eine Beobachtung im Detail beschreiben, bei welcher die Spannung gleichzeitig gemessen wurde durch eine gute Heberprobe und durch ein Manometer, gebildet aus einer 0,5 Zoll dicken Barometerröhre, die in demselben Quecksilberbehälter umgekehrt war wie eine ähnliche Röhre, die mit dem Innern des Recipienten communicirte. Das Barometer war sorgfältig gefüllt worden und die Depression des Quecksilbers, bestimmt nach der schon beschriebenen Methode, betrug weniger als $\frac{1}{10000}$ Zoll.

Vor der Einlassung der Kohlensäure war nur bis 0,4 Zoll evacuirt worden; dann wurde bis 1 Zoll und zum dritten Mal bis 0,5 ausgepumpt und nun der Apparat sich selbst überlassen. Das Manometer zeigte

in	15′	einen	Druck	von	0,25	Zoll
»	30′	»	»	»	0,17	»
»	80′	»	»	»	0,10	»
»	200′	»	»	»	0,02	»

Nach 12 Stunden war noch eben ein Niveau-Unterschied merkbar, wenn hinter den Röhren eine vollkommen horizontale Fläche angebracht ward, bis das Licht gerade ausgeschlossen war. Nach 36 Stunden konnte nicht mehr der geringste Niveau-Unterschied entdeckt werden. Das Vacuum hielt sich 14 Tage lang unverändert.

Offenbar wird die Vollkommenheit des durch diesen Procefs zu erhaltenden Vacuums alleinig begränzt durch die Schwierigkeit, ein von Luft ganz freies kohlensaures Gas darzustellen. Diese kann indefs durch Anwendung der den practischen Chemikern wohl bekannten Vorsichtsmafsregeln fast beseitigt werden. Ist eine aufserordentliche Evacuation erforderlich, so mufs man das Gasometer mit frisch ausgekochtem Wasser füllen, und die ersten Portionen der aufgefangenen Kohlensäure davon gehen lassen.

Die Anwendung von Phosphor statt Schwefelsäure würde die Möglichkeit der Anwesenheit von wässerigen oder sauren Dämpfen, selbst bis zum kleinsten Betrage,

entfernen, doch möchte eine solche Verfeinerung selten nöthig seyn.

Bei dem eben beschriebenen Versuch würde theoretisch der Luftrückstand $\frac{1}{133000}$ der gesammten Capacität des Recipienten seyn und eine Depression von $\frac{1}{4300}$ Zoll bewirken. Diefs Resultat mufs nahe erreicht worden seyn. Wäre die Evacuation jedesmal bis 0,2 Zoll getrieben worden, würde, der Theorie nach, der Rückstand nur $\frac{1}{3375000}$ betragen haben. Allein die experimentellen Resultate vertragen sich nicht mit so kleinen Gröfsen.

Queen's College Belfast 7. Jan. 1852.

XII. *Bemerkungen über einige Aequivalentzahlen; von R. Schneider*

Im 57. Bande des Journals für practische Chemie, S. 58 und 59, findet sich unter der Ueberschrift: »*Berichtigung einiger Fehler in den von Berzelius berechneten Atomgewichtszahlen*« ein Nachweis über verschiedene Druck- und Rechnungsfehler, die in die letzte Ausgabe von Berzelius' Lehrbuch übergegangen und bis jetzt, zum Theil wenigstens, unbemerkt geblieben sind. — Es ist gewifs ebenso dankenswerth, derartige berichtigende Rechnungen auszuführen, wie es beklagenswerth seyn würde, wenn die Ergebnisse mühsamer und sorgfältiger Versuche blofser Druck- und Rechnungsfehler halber nicht den ihnen wirklich zugehörigen Zahlenausdruck fänden, zumal wenn es sich um Werthe von der Bedeutung chemischer Aequivalente handelt. Nur mufs man bei solchen Berichtigungsversuchen mit einiger Vorsicht und Sachkenntnifs zu Werke gehen, — mufs vor allen Dingen zwischen blofsen Druck- und wirklichen Rechnungs- oder Versuchsfehlern wohl zu unterscheiden wissen, wenn sonst die versuchte Berichtigung

nicht, wie es in dem vorliegenden Falle leider geschehen ist, in ihr Gegentheil umschlagen soll.

Es beziehen sich die von Hrn. Rücker (dem Verfasser des vorerwähnten Artikels) mitgetheilten Berichtigungen auf die Aequivalente des *Phosphors*, *Schwefels*, *Rhodiums*, *Osmiums*, *Wolframs* und *Vanadins*.

Was zunächst die der vier erstgenannten Elemente betrifft, so ist es allerdings ganz richtig, dafs dieselben, unter Zugrundelegung der Berzelius'schen Versuchszahlen, die kleinen von Hrn. Rücker angegebenen Abänderungen erfahren müssen, und zwar mufs das Aquivalent des Phosphors aus 392,04 in 391,72, das des Schwefels aus 200,75 in 200,80, das des Rhodiums aus 651,962 in 651,987, das des Osmiums endlich aus 1242,624 in 1243,638 umgeschrieben werden.

Was hingegen die Bemerkungen des Hrn. Rücker über das Aequivalent des *Wolframs* betrifft, so kann ich mich damit nicht völlig einverstanden erklären, mufs vielmehr über die Art und Weise, wie hier zu berichtigen versucht worden ist, einige Bedenken aussprechen. Die betreffende Stelle heifst nämlich wörtlich:

» Atomgewicht des Wolframs. (Berz. Lehrb. III, S. 1209) Hr. Prof. Dr. Otto hat in seinem Lehrbuche der Chemie, II, 2, S, 950 schon bemerkt, dafs die Zahl 1188,36 bei Berzelius Druckfehler [1]) sey und 1183,36 heifsen solle, denn: $\frac{1173,77 + 1192,94}{12} = 1183,35$. Die Mittelzahl aus 1150,78 (Schneider), 1173,77 und 1192,94 ist 1172,497, welche mit der aus dem ersten Versuche von Berzelius gefundenen Zahl (1173,77) beinahe übereinstimmt. «

Hiernach scheint es, als sey Hr. Rücker geneigt, die Zahl 1172,497 als das *berichtigte* Aequivalent des Wolframs anzunehmen. Es wird nicht schwer seyn, das Unhaltbare dieser Annahme darzuthun.

1) Auf diesen Druckfehler habe ich in meiner Abhandlung über das Wolfram-Aequivalent (1850) bereits aufmerksam gemacht.

Die von Berzelius bei der Bestimmung des Wolfram-Aequivalentes gefundenen Zahlen 1173,77 und 1192,94 sind Ergebnisse *je eines* Reductions- resp. Oxydationsversuches und es kann, da dieselben um 19 Ganze von einander abweichen, wohl weder auf die einzelne derselben noch auf die Mittelzahl (1183,35) aus beiden besonderes Gewicht gelegt werden.

Die von mir [1]) für das Aequivalent des Wolframs aufgestellte Zahl 1150,78 ist das Mittel aus *acht Versuchen* (fünf Reductions- und drei Oxydationsversuchen), die unter sich eine genügende Uebereinstimmung zeigen.

Nach mir ist das Aequivalent des Wolframs noch einmal, durch v. Borch [2]), und zwar (als Mittel aus neun Versuchen) zu 1148,85 bestimmt worden. Die Schwankungen zwischen den von Borch gefundenen Werthen sind indefs beträchtlich gröfser als die zwischen den von mir erhaltenen; sie betragen bei ihm 1143,14 — 1153,42 = 10,28, bei mir 1146,06 — 1152,78 = 6,72. Ich habe also keinen Grund, die von ihm gefundene Zahl für richtiger zu halten als die meinige; doch kann jene gewifs als eine Bestätigung für diese angesehen werden.

Offenbar hat nun die Zahl 1150,78, eben weil sie die Mittelzahl aus einer *Versuchsreihe* ist, einen anderen Werth als die aus *einzelnen* Versuchen erhaltenen Zahlen (1173,77 und 1192,94) von Berzelius, zumal diese letzteren um 19 Ganze von einander abweichen; sie darf also auch nicht wohl auf eine gleiche Stufe der Stimmberechtigung mit diesen gestellt werden. Dennoch zieht Hr. Rücker die drei genannten (so ganz ungleichwerthigen) Zahlen zur Bildung eines Mittels heran und scheint geneigt, auf dieses letztere (1172,49) um so gröfseres Gewicht zu legen, als dasselbe mit der aus dem ersten Versuche von Berzelius gefundenen Zahl (1173,77) beinahe übereinstimmt. Diese Uebereinstimmung ist aber, wie man leicht sieht, rein zufällig und beweist durchaus Nichts bei einer Diffe-

1) Journal für pract. Chem. 50. 152.
2) Journal für pract. Chem. 54. 254.

renz von 42 *Ganzen*, wie sie zwischen den Zahlen stattfindet, denen Hr. Rücker den Zutritt zur Bildung einer Mittelzahl gestattet.

Es ist somit kein Grund vorhanden, in dem von mir aufgestellten Wolfram-Aequivalente eine wesentliche Aenderung eintreten zu lassen. Auf einen kleinen Fehler, den dasselbe wahrscheinlich einschliefst, habe ich selbst in meiner früheren Arbeit aufmerksam gemacht; derselbe rührt daher, dafs das Wolfram im pulverförmigen Zustande, wie es bei der Reduction der Wolframsäure durch Wasserstoffgas erhalten wird, ziemlich stark hygroskopisch ist, so dafs es, ohne eine kleine Menge Wasser aufzunehmen, kaum zur Wägung gebracht werden kann. Es mufste natürlich dieser Umstand das Aequivalent in den Oxydationsversuchen — also auch im Mittel aus allen Versuchen — etwas zu hoch finden lassen und es mufs dasselbe wohl um ein Geringes niedriger liegen, als meine Versuchsreihe es ergeben hat. Jedenfalls entfernt man sich sehr wenig von der Wahrheit, wenn man dasselbe anstatt zu 1150,78 in runder Zahl zu 1150 (oder zu 92 für H=1) annimmt, wie diefs auch schon ziemlich allgemein geschehen ist.

Es bleibt endlich noch übrig, die auf das Aequivalent des *Vanadins* bezügliche Berichtigung einer kurzen Prüfung zu unterwerfen. Hr. Rücker hat hier einen (allerdings sehr groben) Druckfehler des Lehrbuches von Berzelius ohne Weiteres für einen Rechnungsfehler genommen und hat in dieser irrigen Voraussetzung ein neues Vanadin-Aequivalent berechnet, welches von dem bisher gültigen um nicht weniger als 200 *Ganze* abweicht. Die Zahl 655,7 (oder 52,45 für H=1) wäre nach Hrn. Rücker das neue Aequivalent des Vanadins.

Wie wenig Grund zu einer solchen Aenderung vorhanden ist, wird am Deutlichsten aus einer Vergleichung der folgenden Citate hervorgehen.

In Berzelius' Lehrbuch III. S. 1207 heifst es:

»100 Theile Vanadinsäure verloren beim Glühen in Was-

serstoffgas in vier Versuchen: 20,901, 20,916, 20,840 und 20,952 Theile. Die Mittelzahl ist: 20,927.«

In der Originalabhandlung von Berzelius (Pogg. Ann. Bd. XXII. S. 14 bis 17) heifst es hingegen:

»Ich habe folgende vier Versuche angestellt:

a) 0,9805 Grm. Vanadinsäure, durch Wasserstoffgas reducirt, hinterliefsen 0,811 Grm. Suboxyd.

b) 0,5375 Grm. Vanadinsuboxyd, in Salpetersäure gelöst und die Lösung zur Trockne verdunstet, hinterliefsen 0,6499 Grm. geschmolzene Vanadinsäure.

c) 2,2585 Grm. Vanadinsäure hinterliefsen bei der Reduction in Wasserstoffgas 1,869 Grm. Suboxyd.

d) 1,4605 Grm. Vanadinsäure, ebenso behandelt, hinterliefsen 1,2075 Grm. Suboxyd. Der Versuch geschah in einer Porcellanröhre in einem Windofen bei einer sehr heftigen Hitze.

»Berechnet man diese Resultate, um sie zu vergleichen, so findet man, dafs 100 Theile Suboxyd verbunden waren:

in *a* mit 20,901 Theilen Sauerstoff
» *b* » 20,916 » »
» *c* » 20,840 [1]) » »
» *d* » 20,952 » ».

Die Mittelzahl hieraus ist 20,927.«

Aus diesem Verhältnisse berechnet Berzelius nun ganz richtig die Zusammensetzung der Vanadinsäure zu:

74,0449 Th. Vanadin und
25,9551 » Sauerstoff

und endlich das Aequivalent des Vanadins zu 855,84.

Es ist also, abgesehen von dem im Vorstehenden nachgewiesenen Druckfehler des Lehrbuchs, Alles in der besten Ordnung und *durchaus kein Grund* vorhanden mit dem von Berzelius aufgestellten Vanadinäquivalente eine wesentliche Aenderung vorzunehmen. Bei genauer Berechnung findet man dasselbe übrigens, da nach den eben mitge-

1) Die Zahl 20,840 ist *nicht* »offenbar Druckfehler,« wie Hr. Rücker meint, sondern sie ist ganz richtig aus dem Ergebnisse des Versuchs *c berechnet*.

theilten Versuchen von Berzelius 100 Theile Vanadinsäure (im Mittel) bestehen aus:

82,712 Theilen Suboxyd und
17,288 » Sauerstoff,

nicht zu 855,84, sondern zu 856,87 (oder zu 68,55 für H=1).

XIII. *Ueber das Selenquecksilber vom Harz; von C. Rammelsberg.*

Reines Selenquecksilber ist zuerst von W. Tiemann auf einer verlassenen Grube bei Zorge am Harz schon vor langer Zeit entdeckt worden. Er hielt es für gediegenes Selen, Marx zeigte aber, dafs es Quecksilber enthielt [1]). Die übrigen bis jetzt bekannten beide Stoffe enthaltenden Mineralien enthielten entweder noch Schwefel, wie das von San Onofre in Mexiko, oder Blei und Kupfer, wie die übrigen Harzer Vorkommen.

Vor einiger Zeit erhielt ich von Hrn. Bergamtsassessor Roemer in Klausthal ein von ihm für Selenquecksilber gehaltenes Erz von der Grube Charlotte daselbst mit dem Wunsche, es einer Analyse zu unterwerfen, die denn auch Hrn. Römer's Vermuthung vollkommen bestätigt hat.

Es ist derb, feinkörnig, schwärzlichgrau, mit Quarz gemengt, und hier und da mit Rotheisenstein verwachsen.

Beim Erhitzen in einer offenen Röhre giebt es starken Selengeruch, und verflüchtigt sich bis auf einen Quarzrückstand, während ein braunrothes und weifses Sublimat so wie metallisches Quecksilber die Röhre bekleiden. Es löst sich nur in Königswasser auf, und die Lösung ist bei Anwendung reiner Substanz durchaus frei von Schwefelsäure.

1) Schweigger's Journ. Bd. 54, S. 223.

Die Analyse mittelst Chlor gab nach Abzug von 31,8 Proc. Quarz und 2,5 Proc. Eisenoxyd:

Selen	25,5
Quecksilber	74,5
	100.

Die Verbindung Hg Se würde aus 28,38 Selen und 71,62 Quecksilber bestehen, so dafs die Analyse sich mehr dem Verhältnifs nähert, welches die Formel $Hg^6 Se^5$ bezeichnet.

XIV. *Ueber den Chiviatit, ein neues Mineral aus Peru; von C. Rammelsberg.*

Hr. Brooke theilte mir vor längerer Zeit ein Mineral mit, welches er für neu hielt, und das zu Chiviato in Peru gefunden seyn soll. Es ist in mancher Beziehung dem Wismuthglanze ähnlich, hat eine bleigraue Farbe und starken Metallglanz. Die blättrig krystallinische Masse ist in drei in einer Zone liegenden Richtungen spaltbar, vorzüglich aber nach einer breiten Fläche, gegen welche, nach approximativen Messungen Prof. Miller's, die zweite unter 153°, die dritte unter 133° geneigt ist. Das mitgetheilte Exemplar ist mit Schwefelkies und Schwerspath verwachsen.

Das specifische Gewicht fand ich = 6,920. Sein chemisches Verhalten vor dem Löthrohr und auf nassem Wege gleicht dem des Nadelerzes.

Es wurde mittelst Chlor zerlegt, und gab:

Schwefel	18,00
Wismuth	60,95
Blei	16,73
Kupfer	2,42
Eisen	1,02
Silber	Spur
Unlösliches	0,59
	99,71.

Be-

Berechnet man die für die einzelnen Metalle erforderlichen Schwefelmengen, so erhält man:

$$\begin{array}{rcl} & 13{,}80 = 74{,}75 & \overset{'''}{Bi} \\ \left.\begin{array}{r}2{,}60\\0{,}61\end{array}\right\} & 3{,}21 \begin{array}{l}= 19{,}33\\= 3{,}03\end{array} & \begin{array}{l}\overset{'}{Pb}\\ \overset{'}{Cu}\end{array} \\ & 1{,}21 = 2{,}23 & \overset{''}{Fe} \\ & \overline{18{,}22.} & \end{array}$$

Nach Abzug der kleinen Quantität beigemischten Schwefelkieses stehen die Schwefelmengen von $\overset{'}{Pb}(\overset{'}{Cu})$ und $\overset{'''}{Bi}$ in dem Verhältnifs von $1:4\frac{1}{7}$, so dafs die Formel dieser neuen Verbindung $\left.\begin{array}{l}\overset{'}{Pb}\\ \overset{'}{Cu}\end{array}\right\}^2 \overset{'''}{Bi}{}^3$ ist.

Das nach seinem Fundorte genannte Mineral nähert sich dem Nadelerz, welches $\left.\begin{array}{l}\overset{'}{Pb}\\ \overset{'}{Cu}\end{array}\right\}^3 \overset{'''}{Bi}$ ist. Der Kobellit enthält $\overset{'}{Pb}{}^3\overset{'''}{Bi}$, und Klaproth's Kupferwismutherz von Wittichen ist vielleicht $\overset{'}{Cu}{}^2\overset{'''}{Bi}$.

XV. *Ueber die Zusammensetzung und mikroskopische Structur gewisser basaltischer und metamorpher Gesteine; von Th. Andrews.*

(Gelesen in der Versamml. britt. Naturforscher zu Belfast, 1852, und mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Wenn ein dünner Basaltsplitter im reflectirten Licht mit dem Mikroskop betrachtet wird, so scheint er aus einer halb durchsichtigen irregulär körnigen Masse zu bestehen, eingesprengt hie und da mit opaken Krystallen zum Theil von starkem Metallglanz und dunkler Farbe, während andere an ihrer Würfelform und gelben Farbe leicht als Schwefel-

kies zu erkennen sind. Bei näherer Untersuchung der schwarzen Krystalle sieht man häufig die dreiseitigen Flächen des Octaëders, oft mit Streifen versehen, kurz sie zeigen alle äufseren Charaktere des Magneteisensteins. Der halbdurchsichtige Antheil, welcher die gröfsere Masse des Steins bildet, besteht offenbar aus zwei verschiedenen Mineralien, von welchen das eine einen Harzglanz besitzt, und im mikroskopischen Charakter sehr mit krystallisirtem Augit übereinkommt, das andere aber farblos und glasglänzend ist, und mit einigen Zeolith-Varietäten verglichen werden könnte.

So kann durch blofsen Anblick, ohne den Gebrauch chemischer Prüfungsmittel, bewiesen werden, dafs das basaltische Gestein wenigstens vier verschiedene Minerale enthält: ein farblos glasiges Mineral, Augit, Magneteisenstein und Schwefelkies. Diefs gilt von den compacten Varietäten des Basalts, die von Höhlungen und eingewachsenen Zeolithen frei sind.

Das metamorphe Gestein von Portrush, ein verhärteter Thon, welcher die charakteristischen Fossilien der Liasformation enthält, und im Aeufsern einigermafsen dem Kieselschiefer ähnelt, zeigt unter dem Mikroskop ein ganz anderes Ansehen. Die Masse des Steins erweist sich als bestehend aus einer halb durchsichtigen Paste von homogener Structur, überall dick besäet mit unzählbaren mikroskopischen Würfeln von Schwefelkies. Diese Krystalle sind sehr vollkommen ausgebildet, aber so klein, dafs ich deren auf einem Raum von 0,01 Quadratzoll oft 20 gezählt habe; nach einer Messung halten sie etwa 0,002 Zoll in Seite. Wenn man eine Portion dieses Gesteins in einem Porzellanmörser zu einem mäfsig feinen, aber nicht unfühlbaren Pulver zerreibt, und in demselben einen Magnet mehrmals herumführt, so sieht man magnetische Theilchen mehr oder weniger reichlich, je nach der Natur des Gesteins, sich diesem Magnete anhängen. Sondert man diese Theilchen von dem Magnete ab, der am besten sich in eine *Spitze* verlaufen mufs, und betrachtet sie unter dem Mi-

kroskop, so zeigen sie deutlich Polarität und alle anderen Kennzeichen des Magneteisensteins. Diese einfache mikroskopische Probe ist bei weitem das beste Mittel zur Auffindung von magnetischem Eisenoxyd in Gesteinen; und es ist merkwürdig, wie genau die äufseren Charaktere dieser so ausgesonderten Krystalle übereinstimmen, aus welchen Gesteinen sie auch erhalten worden seyn mögen. Sie lassen sich in dieser Weise aus allen im nordöstlichen Irland vorkommenden Basalt-Varietäten absondern, aus einigen jedoch in gröfserer Menge als aus anderen. Die gröfste Menge habe ich aus einem Gang (*dyke*) erhalten, welcher den Thonschiefer von Down durchsetzt. Sie können auch aus Granit, Urkalkstein, verhärtetem Kalk, Dolomit und vielen metamorphen Gesteinen ausgezogen werden. Kurz der Magneteisenstein ist eins der weitest verbreiteten Minerale in der Natur, da er fast in jedem Gestein, welches Zeichen von feuriger Einwirkung darbietet, zugegen ist. Im Dachschiefer, Serpentin und Marmor konnte ich jedoch nur eine zweifelhafte Spur davon entdecken.

Ich habe nun von einem andern, sehr gemeinen, obwohl lange nicht so reichlichen und bisher nicht einmal vermutheten Bestandtheil vieler vulkanischer Gesteine zu reden, — vom metallischen Eisen [1]).

Die mannigfache Aehnlichkeit der Basaltischen Felsen mit den Meteorsteinen, und das häufige Vorkommen des metallischen Eisens in letzteren, machte es mir nicht unwahrscheinlich, dafs dasselbe auch in den ersteren zugegen sey. Nach mehren fruchtlosen Versuchen gelang es mir auch wirklich dasselbe durch ein neues Mittel darin aufzufinden. Man pülvert zuerst den Stein in einem Porzellanmörser, um den Gebrauch von metallenen Geräthen bei der ganzen Operation zu vermeiden. Die magnetischen Theile werden dann, wie vorhin der Magneteisenstein, ausgezogen und unter das Mikroskop gebracht. Während sie

1) Der Hr. Verf. zählt hier die bisher beobachteten wenigen Fälle des natürlichen Vorkommens von gediegenem Eisen auf; wir verweisen dieserhalb auf den Aufs. von Bornemann S. 153 des vorigen Heftes. *P.*

darunter sind, befeuchtet man sie mit einer sauren Auflösung von schwefelsaurem Kupfer, welche auf das reine (Eisenoxydul) Oxyd nicht veränderud wirkt, allein die geringste Spur von Eisenmetall sogleich durch einen Niederschlag von metallischem Kupfer anzeigt. Bei Anstellung eines solchen Versuches bildete sich ein Kupferniederschlag in unregelmäfsig krystallinischen Höckern (*bunches*), vollkommen opak, und mit der charakteristischen Farbe und dem Glanze des gefällten Metalls. Als ein Stückchen Kupfer dicht neben einen dieser Niederschläge gelegt und langsam Salpetersäure zugesetzt wurde, begannen beide sich gleichzeitig unter Gasentwicklung zu lösen. Allein der starke Glanz und die Frische der metallischen Fläche waren zu deutlich, um, selbst bei der oberflächlichsten Untersuchung, einen Zweifel aufkommen zu lassen. Mit neutralen Kupferlösungen kommt dieser Niederschlag selten zu Stande, entweder weil das Eisen mit einem Häutchen von Oxyd überzogen ist, oder wegen einer Eigenschaft, die auch die meteorische Legirung besitzt, das Kupfer nur aus sauren, nicht aus neutralen Lösungen zu fällen. Wenn man, statt der Kupferlösung, verdünnte Schwefelsäure auf den magnetischen Theil schüttet, erfolgt an einzelnen Punkten ein schwaches Aufbrausen; und wenn man während dieser Gasentwicklung Kupferlösung hinzusetzt, hört die Entwicklung plötzlich auf, und statt deren erscheint ein glänzender Niederschlag von metallischem Kupfer. Die Kupferniederschläge haben zuweilen die Gestalt kleiner compacter Nischen, häufiger aber die Form eines Ringes, welcher zum Theil einen Oxydkrystall einschliefst. Sie geben so eine klare Vorstellung von der Gestalt des Eisens, durch welches sie ausgeschieden wurden. Niemals bin ich, bei der sorgfältigsten Untersuchung, im Stande gewesen, den Metallglanz des Eisens selbst zu erkennen, entweder wegen der ungemeinen Kleinheit der Theilchen, oder vielleicht, weil sie in der That nicht glänzend sind. Der gröfste Kupferniederschlag, den ich je erhielt, hatte 0,02 Zoll im Durchmesser, und gewöhnlich war er noch

kleiner. Die reichlichste Anzeige von metallischem Eisen erhielt ich aus einer grob-körnigen Basaltvarietät, welcher den Hügel von Slievemish in der Grafschaft Antrim bildet, und auch auf den Maiden Rocks, so wie an anderen Orten vorkommt. Aus 100 Gran dieses Gesteins wurden gewöhnlich drei oder vier an Kupfer erhalten. Mit dem compacten fein-körnigen Basalt von Giant's Causeway habe ich zuweilen auch einen Kupferniederschlag bekommen, doch aber weniger häufig als mit dem Basalt von Slievemish. Auch im verhärteten Liasschiefer von Portrush und im Trachyt der Auvergne habe ich deutliche Anzeigen von der Gegenwart des Eisens gefunden.

Dieser Versuch ist natürlich der Zweifelhaftigkeit unterworfen, dafs Nickel und Kobalt, im Zustand sehr feiner Zertheilung, ebenfalls Kupfer fällen, und auch aus einem Pulver, das sie enthält, mit einem Magnet ausgezogen werden können. Die Unwahrscheinlichkeit aber, dafs eines dieser Metalle vorhanden sey, ist so grofs, dafs jener Einwurf kaum die vorhin gemachten Folgerungen schwächt.

Der Ursprung des metallischen Eisens in diesem Zustande der Verbreitung ist ein interessanter Gegenstand der Speculation. Könnte es herrühren von der reducirenden Einwirkung von Gasen wie Wasserstoff und Kohlenoxyd auf das noch feurig flüssige basaltische Gestein?

XVI. *Zusatz zu dem Aufsatz über gediegenes Eisen aus der Keuperformation von Mühlhausen; von J. G. Bornemann* [1].

Erst nach Beendigung dieses Aufsatzes kam mir die Abhandlung von Bahr »Ueber gediegenes Eisen in einem sogenannten versteinerten Baume [2])« zu Gesicht. Die dort

1) S. 145 des vorigen Hefts.

2) *Oefvers. af Vetensk. Akadem. Förhandl.* 1851. *No.* 3. Daraus in Erdmann Journal f. pract. Chemie 1851. Bd. 54, S. 194.

mitgetheilte Sache ist zu wichtig für unsern Gegenstand, um nicht nachträglich einige Notizen daraus hier wiederzugeben. Das gediegene Eisen, welches Bahr beschreibt, ist mit Eisenoxydhydrat im Innern eines Laubholzstammes abgelagert, dessen Holzzellengewebe an einigen Stellen ganz oder theilweise durch die Substanz des Gediegen-Eisens ersetzt ist; an anderen Stellen ist die Holzfaser noch vorhanden und das metallische Eisen ist in den Zwischenräumen derselben d. h. in den Holzzellen abgelagert. Hier bildet dann das Eisen keine fest zusammenhängende Masse, sondern es besteht aus zusammengehäuften und an einander gereihten mikroskopischen Kugelgestalten, die jedoch zuweilen »eine meſsbare Gröſse haben« (bis $\frac{1}{3}$ Millimeter). Auf angeschliffenen Flächen lieſs sich nach Eintauchen in eine Kupferoxydlösung das Zellengewebe sehr vollständig erkennen.

Das äuſsere Ansehen der ganzen Stufen ist dem des Sumpferzes ähnlich, mit dem sie auch rücksichtlich ihrer Bildung eine gewisse Gemeinschaft haben mögen. Der Baumstamm, von dem die Stücke am 28. August 1798 entnommen sind, befand sich auf einer schwimmenden Insel im See Ralång in Småland (Kirchspiel Marbäck, Gerichtsdistrict Norra Wedbo), welche nach vierjährigem Verweilen unter Wasser, Tags vorher von Neuem wieder in die Höhe gekommen war. Auf dem in Rede stehenden Baumstamm standen zu jener Zeit einige Kupfertafeln, welche die Zeit angaben, wo die Insel früher sichtbar gewesen und von König Gustav III. besucht worden war.

Das specifische Gewicht der Stücke ist 3,85 und 3,94. Das specifische Gewicht auf mechanischem Wege möglichst gereinigter Eisentheile 6,25 und 6,50; letzteres lieſs sich durch Hämmern auf 6,63 vermehren.

Das auf mechanischem Wege gereinigte Eisen wurde in verdünnter Salpetersäure gelöst, wobei ein Rückstand von 19,84 Proc. ungelöst blieb, welcher unter dem Mikroskop organische Structur zeigte. Dieser Rückstand wurde durch den Magnet in einen unmagnetischen Theil (*A*) und

einen magnetischen Theil (*B*) geschieden. Letzterer betrug 12,88 Proc. der ursprünglichen Quantität; doch waren dem magnetischen Theile etwas organische Substanzen gefolgt, welche beim Erhitzen einen Verlust 7,47 Proc. verursachten. Der Rückstand war sehr schwer zu oxydiren.

B enthielt noch Mangan, im oxydirten Zustande berechnet:

Kieselsäure	0,619	Proc.
Phosphorsäure	3,159	»
Vanadinsäure	1,402	»
Nickel (und Kobalt)	0,737	»
Eisenoxyd	94,464	»
Manganspuren		
	100,38.	

Der in verdünnter Salpetersäure gelöste Theil, welcher von der ursprünglichen Menge 80,16 Proc. betrug, enthielt:

Kieselsäure	0,818	Proc.
Phosphorsäure	0,50	»
Nickel (und Kobalt)	0,12	»
Kalk- und Talkerde	0,178	»
Thonerde	0,213	»
Vanadinsäure		
Manganspuren		
Eisenoxydul (Verlust)	98,171	»
	100,0.	

Man kann mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs das in Rede stehende Eisen nicht von Aufsen in den Baum hineingekommen ist, sondern sich darin gebildet hat; z. B. durch Reduction eines Eisensalzes unter günstigen Umständen vermittelst eines elektrischen Processes zwischen der Zellensubstanz selbst und den sogenannten incrustirenden Stoffen die von ungleicher Zusammensetzung, wahrscheinlich auch von ungleicher elektrischer Natur sind. (Bahr l. c.).

Weit entfernt diese Hypothese für eine, das merkwür-

dige Eisenvorkommen richtig erklärende zu halten, glaube ich wenigstens das als sicher annehmen zu können, dafs die Reduction einer Eisenverbindung zu metallischem Eisen durch einen hydrochemischen oder galvanischen Procefs unter geeigneten Umständen vermittelt worden ist. Was aber die Frage nach der Art und Weise dieser Umstände und nach den Elektromotoren anlangt, die bei diesem Procefs in Wirkung gewesen seyn mögen, so bedarf sie zu ihrer Lösung noch vieler und sorgfältiger Untersuchungen und ist für jetzt durchaus nicht spruchreif.

XVII. *Ueber die Wärme; welche frei wird, wenn die Krystalle des Schwefels, die durch Schmelzen erhalten werden, in die andere Form übergehen; von E. Mitscherlich.*

(Aus d. Monatsbericht. d. Akad. 1852. Dec.)

Wenn die Krystalle, die auf die bekannte Weise durch Schmelzen des Schwefels dargestellt werden, noch heifs von der compacten Masse getrennt werden, oder wenn man kleinere Mengen derselben bereitet und wenn sich erst nur wenige Krystalle gebildet haben, den flüssigen Schwefel abgiefst, so verändern sie sich langsam, indem von einzelnen Punkten diese Veränderung ausgeht und mehrere Tage vergehen, bis sie vollendet ist. Bei einer gröfseren Masse, besonders wenn man sie zusammenhängend läfst, erfolgt diese Veränderung schneller; die einzelnen Krystalle behalten dabei ihre glänzende Oberfläche, so dafs sie in der Regel noch mefsbar sind, und wenn man auch zuweilen im Innern derselben eine schwache krystallinisch körnige Textur bemerkt, so gelingt es doch äufserst selten, Flächen von neugebildeten Krystallen zu beobachten. Diese Umänderung beruht nach der allgemeinen Annahme darauf,

dafs bei derselben die einzelnen Theile ihre Lage verändern und nach derselben ein Krystall aus einer grofsen Zahl der andern Form, der rhombenoctaëdrischen besteht; eine Annahme, die besonders durch einen ähnlichen Vorgang gerechtfertigt wird, welcher auf eine sehr schöne Weise bei den Krystallen des prismatischen schwefelsauren Nickeloxyds beobachtet werden kann, in welchen sich, wenn sie in einem verschlossenen Gefäfse dem Lichte ausgesetzt werden, grofse mefsbare Quadratoctaëder bilden, die dieselbe Zusammensetzung, wie die prismatischen Krystalle haben (Pogg. Ann. 1827 B. 11 S. 326). Durch verschiedene Flüssigkeiten, worin der Schwefel löslich ist, kann man diese Veränderungen sehr schnell bewirken, am besten durch Schwefelkohlenstoff; taucht man die frischen durch Schmelzen bereiteten Krystalle in eine gesättigte Auflösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff, so findet die Umänderung sogleich statt, und auf der Oberfläche und im Innern der einzelnen Krystalle haben sich erkennbare Rhombenoctaëder gebildet. Man braucht die Spitze eines Krystalls nur mit Schwefelkohlenstoff zu berühren, damit von dieser Stelle die Umänderung sich sogleich durch den ganzen Krystall verbreitet.

Durch diese rasche Umänderung ist es möglich, die Wärme zu bestimmen, welche dabei frei wird. In einem mit einem sehr schlechten Wärmeleiter umgebenen Glaskolben wurden zu einer gesättigten Auflösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff frisch bereitete Krystalle geschüttet; vor dem Einschütten war der Kolben, die Lösung und die Krystalle gewogen und die Temperatur derselben bestimmt worden. Nach 6 Minuten war die höchste Temperatur erreicht; die Temperaturzunahme des Gemisches betrug 6°,1. Obgleich auf 375,1 Grm. Schwefel nur 245,5 Grm. der gesättigten Auflösung genommen wurden, so erfolgte die Umänderung doch in wenig Minuten. Bei diesem Versuch wurde so viel Wärme frei als nöthig ist, um die angewandte Schwefelmenge um etwas mehr als 12° zu erwärmen.

Da es sich jedoch zeigte, dafs der frisch bereitete Schwefel, wenn er nur gestofsen oder stark geschüttelt wird, schnell in die andere Form übergeht, so wurde dieses Mittel vorgezogen, um die Wärme, welche bei der Umänderung frei wird, zu bestimmen. Wenn man eine grofse Menge Schwefelkrystalle anwendet und die Kugel des Thermometers in der Mitte derselben befindlich ist, so kann man die Erkaltung durch die Wände des Gefäfses und die Luft ganz beseitigen. Bei der Anwendung von einem Centner Schwefel wurde schon ein genaues Resultat erreicht; man schmilzt eine gröfsere Menge Schwefel am besten in einem eisernen Topf und giefst den flüssigen Schwefel in ein hölzernes Fafs; wenn die Krystalle sich gebildet haben, welches nach 3 Stunden erfolgt, wird der flüssige Theil des Schwefels abgegossen, das hölzerne Fafs aus einander geschlagen und der noch heifse Schwefel in Stücke zerhauen, welche man so lange liegen läfst, bis sie die Temperatur der Luft angenommen haben. Läfst man die krystallisirte Masse im Topf erkalten, so verändert sie sich sehr schnell, weil durch die Zusammenziehung, welche durch die Erkaltung bewirkt wird, eine Spannung und ein Zerreifsen und Zerbröckeln stattfindet, wodurch wie durch Zerstofsen die Umänderung bewirkt wird. Die Krystalle, die sich nicht verändert haben, werden rasch zerstampft und in ein Gefäfs, welches man mit schlechten Wärmeleitern umgeben hat, am zweckmäfsigsten in ein gut eingerichtetes Calorimeter, eingetragen; den Versuch fängt man in einem Zimmer an, dessen Temperatur 2° höher als die des Schwefels ist, und trägt diesen, wenn seine Temperatur um 4° gestiegen, in ein anderes Zimmer, dessen Temperatur wieder 2° höher als die des Schwefels ist, und setzt den Versuch auf diese Weise fort; gegen das Ende desselben wählt man ein Zimmer, dessen Temperatur so nahe als möglich die des Schwefels ist. Bei mehreren Versuchen war in den ersten 10 Minuten keine Erhöhung der Temperatur bemerkbar, dann stieg sie allmählig, nach 20 Minuten für jede 3 Minuten um 1°, bei einem Versuch

nach 1 Stunde 9 Minuten bis um 12°,4, bei einem andern nach 2½ Stunde um 11°,8. Die Wärme, welche demnach frei wird, wenn der Schwefel aus der einen in die andere Form übergeht, würde so viel betragen, als nöthig ist, um dieselbe Menge Schwefel um 12°,1 zu erwärmen, also, da die Wärme-Capacität des Schwefels 0,1880 ist, 2,27 Wärmeeinheiten. Auch der zähe Schwefel ändert sich in Berührung mit Schwefelkohlenstoff schnell in den gewöhnlichen Schwefel um, er bedarf dazu etwa eine halbe Stunde.

In welcher Beziehung diese Umänderung des Schwefels und die Wärmeentwicklung mit den allotropischen und isomeren Zuständen der Körper steht, hofft der Verfasser in einer andern Abhandlung nachweisen zu können.

XVIII. *Ueber die durch Torsion des Eisens erzeugten Inductionsströme; von W. Wertheim.*

(*Compt. rend. T. XXXV p.* 702.)

Seit langer Zeit weiß man, daß ein Eisendraht, der Einwirkung des Erdmagnetismus unterworfen, sich andauernd magnetisirt, sobald man ihn einer bedeutenden und ebenfalls andauernden Torsion aussetzt. Man sucht diese Thatsache zu erklären, indem man sagt, die Torsion wirke in gleicher Weise wie jede andere mechanische Erschütterung, sie erleichtere die Trennung der beiden magnetischen Flüssigkeiten, und gebe zugleich dem Eisen eine gewisse Coërcitivkraft.

Diese Meinung beruht auf unvollständig beobachteten Thatsachen. Die Torsion wirkt in einer ganz speciellen Weise, indem sie die materiellen Molecule zwingt, sich in Spiralen zu ordnen, und sie so der Materie selbst die Form geben, welche Ampère den inneren Strömen beilegt.

Die Torsion bewirkt temporäre magnetische Effecte, wenn sie selbst temporär ist, und permanente, wenn sie

permanent ist; und diese Effecte können auf keine andere Weise von mechanischen Kräften hervorgebracht werden.

Temporäre Effecte. — Ein bis zur Sättigung magnetisirter Eisenstab demagnetisirt sich in dem Moment, wo er eine temporäre Torsion erleidet, und remagnetisirt sich im Moment der Detorsion; oder anders gesagt: Er wird während der Torsion von einem umgekehrten Strom und während der Detorsion von einem directen durchlaufen, in welcher Richtung übrigens auch die Torsion ausgeübt werden möge.

Unter Magnetisirung bis zur Sättigung verstehen wir den magnetischen Gleichgewichtszustand, in welchem ein Eisen sich befindet, welches alle Magnetisirung angenommen hat, die es unter der Wirkung eines gegebenen Stroms zu erlangen vermag, oder welches, nach der Unterbrechung dieses Stroms, alle Magnetisirung schon verloren hat, die es nicht behalten kann. So lange dieses Gleichgewicht nicht hergestellt ist, wirken die Torsionen und Detorsionen nur wie jede andere mechanische Erschütterung.

Der Versuch macht sich wie folgt. Ein Stab von weichem Eisen, zuvor wohl ausgeglüht, von 1 Meter Länge und 15 Millimeter Durchmesser, wird an einem seiner Enden befestigt, während das andere sich im Mittelpunkte eines Rades befindet, mittelst dessen man es nach beiden Richtungen hin drillen (*tordre*) kann. Er trägt zwei Drahtrollen, deren eine zur Aufnahme des Stromes einer einfachen Daniell'schen Kette bestimmt ist, während die andere den Inductionsstrom leitet; diese letztere ist verbunden mit einem empfindlichen Galvanometer mit astatischer Nadel. Es ist unnöthig zu sagen, dafs die beiden Drahtrollen hinreichend von einander entfernt sind, damit keine directe Induction stattfinde.

Bei Herstellung eines Stroms geht die Nadel auf $>90°$ nach der Rechten; der Nordpol ist eingespannt, der Südpol gedrillt. Hat der Strom die umgekehrte Richtung, so ist der Südpol eingespannt und der Nordpol gedrillt; und die

Nadel weicht links ab. Folgende Tafel wird den Gang des Versuchs veranschaulichen (*r* bedeutet *rechts, l links*).

Torsion rechts.	Detorsion.	Torsion links.	Detorsion:
> 90° *r*	> 90° *r*	90° *r*	70° *r*
50 *r*	45 *r*	20 *r*	35 *r*
Der Stab magnetisirt sich; jede andere mechanische Erschütterung wirkt auf die Nadel ebenso wie die Torsion.			
3 *l*	50 *r*	12 *l*	45 *r*
5 *l*	35 *r*	20 *l*	45 *r*
20 *l*	30 *r*	20 *l*	30 *r*
Wenn der Stab bis zur Sättigung magnetisirt ist, läſst jede Kraft, die keine Torsion hervorbringt, die Nadel auf 0°.			
70 *l*	60 *l*	90 *l*	75 *l*
50 *l*	50 *l*	5 *r*	50 *l*
12 *r*	40 *l*	14 *r*	40 *l*
30 *r*	42 *l*	30 *r*	40 *l*
Der Strom wird umgekehrt, und in Folge deſs kommen dieselben Thatsachen im umgekehrten Sinne zum Vorschein.			
> 90 *r*	20 *r*	90 *r*	10 *r*
50 *r*	0	35 *r*	15 *l*
20 *r*	5 *l*	30 *r*	15 *l*
20 *r*	10 *l*	12 *r*	10 *l*
Der Strom war unterbrochen worden; der Stab demagnetisirt sich bis zur Sättigung.			

Man könnte die Coërcitivkraft eines jeden Eisens messen durch die Anzahl der Torsionen, welche nöthig sind, um es auf den Sättigungspunkt zu bringen.

Permanente Effecte. — Wenn ein Eisenstab (oder ein Bündel Eisendrähte) mittelst einer starken und permanenten Torsion unter Wirkung des terrestrischen oder irgend eines anderen Stroms magnetisirt worden ist, so verhält er sich nicht wie ein gewöhnlicher Magnet. *Jede temporäre Torsion oder Detorsion, welche im Sinne der permanenten Torsion auf denselben wirkt, erzeugt eine Magnetisirung* oder einen directen Strom, *und jede Torsion und Detorsion,*

die im entgegengesetzten Sinne wirkt, erzeugt eine Demagnetisirung oder einen umgekehrten Strom.

Dieser Versuch macht sich leicht mit zwei Bündeln von gleichem Eisendraht, die man senkrecht aufhängt und so drillt, dafs das eine eine rechtslaufende und das andere eine linkslaufende Schraubenlinie bildet. Beide haben den Nordpol oben und den Südpol unten. Ihre Einschiebung in die Spirale macht die Nadel rechts abweichen. Hat man aber den Nordpol eines dieser Bündel eingespannt, und giebt dem Südpol temporäre Torsionen, so sieht man, dafs eine Torsion von gleichem Sinne entgegengesetzte Ströme hervorbringt, je nachdem man sie an dem einem oder dem anderen dieser Bündel angebracht hat. Ich erhielt folgende Resultate:

Torsion rechts.	Detorsion.	Torsion links.	Detorsion.
Für das rechtsgedrillte Bündel, das anfangs von der Rechten zur Linken gedrillt worden war.			
15 *l*	10 *r*	15 *r*	14 *l*
Für das linksgedrillte Bündel.			
15 *r*	15 *l*	15 *l*	15 *r*

Man braucht also nur dem Apparat einen Commutator hinzuzufügen, und damit nach jeder Oscillation den Strom umzukehren, um, mittelst drehender Schwingungen, einen continuirlichen Strom zu erhalten, den man würde sehr intensiv machen können.

Diese Thatsachen scheinen mir recht wichtige theoretische Aufgaben lösen zu müssen; die Discussion derselben behalte ich mir vor in einer Arbeit über die Torsion der Körper im Allgemeinen, mit der ich schon lange Zeit beschäftigt bin.

XIX. *Ueber die Durchdringlichkeit der Metalle für Quecksilber; von Hrn. J. Nicklès.*

(*Compt. rend.* 1853 *T. XXXVI. p.* 154.)

In Sillimann's *Journ. of Science* (1852 *Vol. XIII. p.* 305) hat Hr. Horsfield Versuche über die Wirkung des Quecksilbers auf gewisse Metalle veröffentlicht, welche sich denen der HH. Daniell und Henry anschliefsen. Diese haben bekanntlich die merkwürdige Thatsache dargethan, dafs wenn man einen Stab von Blei oder Zinn heberförmig krümmt und den kurzen Schenkel in Quecksilber taucht, letzteres in den Schenkel eindringt, ihn nach einiger Zeit durchkriecht und endlich am Ende des langen Schenkels austropft wie aus einem Heber[1]).

Hr. Horsfield untersuchte, welche Zeit das Metall gebrauche, um eine gewisse Strecke des Metalls zu durchsikern, und dehnte diese Versuche aus auf Zinn, Zink, Kadmium, Blei, Silber, Gold, Platin, Palladium, Eisen, Kupfer und Zinn. Die fünf ersteren fand er durchdringlich; Eisen, Platin, Palladium, Kupfer und Messing aber, bei gewöhlichen Temperaturen und Drucken undurchdringlich.

Die negativen Resultate, die Hr. Horsfield beim Kupfer und Messing erhielt, rühren offenbar von dem angewandten Verfahren her; denn ich habe vor einiger Zeit genau das Gegentheil beobachtet.

Ich bediente mich nämlich damals einer Bunsen'schen Batterie mit Zink nach aufsen. Die kupfernen Verbindungsbügel (*contacts*) waren an das Zink genietet, und wenn letzteres amalgamirt war, geschah es häufig, dafs das Quecksilber in die Bügel eindrang, und diese nach einiger Zeit ganz brüchig machte; offenbar waren die verletzten Theile nicht mehr Kupfer, sondern ein Amalgam desselben.

1) Ann. Bd. 52, S. 187 und Ergänzungsbd. II. S. 358.

Diese Beobachtung veranlafste mich, Versuche mit anderen Metallen zu machen; und dabei kam ich zu dem allgemeinen Resultat: dafs diejenigen Metalle, welche vom Quecksilber benäfst werden, auch durchdringlich für dasselbe sind, und sie diese Eigenschaft auch auf Legirungen übertragen, die einen gewissen Antheil des durchdringlichen Metalls enthalten.

Die untersuchten Metalle waren: Zink, Eisen, Nickel, Kadmium, Zinn, Kupfer, Blei, Antimon, Silber, Gold und Platin. Das Verfahren, welches ich anwandte, war durch die Thatsache selbst, die diese Untersuchungen veranlafste, vorgeschrieben. Mittelst eines Grabstichels machte ich auf der zu untersuchenden Platte eine Furche und brachte in diese etwas Quecksilber. Um die Amalgamation zu beschleunigen benetzte ich sie zuvor mit einem Tropfen einer durch Salzsäure angesäuerten Lösung von Quecksilberchlorid, wodurch die Furche sich augenblicklich amalgamirt und fähig wird, so viel Quecksilber aufzunehmen, als zu dem beabsichtigten Effect nöthig ist.

Eine Zinkplatte von 1 Millim. Dicke zerfällt auf diese Weise innerhalb einer Minute im Sinne der Furche in zwei Stücke. Eine etwas dickere Platte erfordert dazu eine etwas längere Zeit; eine von 6 Millim. Dicke gebrauchte beinahe 10 Minuten, war aber immer scharf von der Furche durchschnitten.

Nach dem Zink kommen Kadmium und Zinn, dann Blei, Silber, Gold und endlich Kupfer; alle diese Metalle amalgamiren sich, lassen das Quecksilber nach längerer oder kürzerer Zeit eindringen und werden dadurch brüchig.

Negativ waren die Resultate beim Eisen, Nickel, Antimon und Platin; aber Bronze und Messing zeigten das Phänomen in hohem Grade. Eine Legirung aus gleichen Theilen Antimon und Zinn scheint nicht für Quecksilber durchdringlich zu seyn, aber die sehr elastische Chaudet'sche Legirung (3 bis 4 Proc. Sb und 97 bis 96 Proc. Sn) wird augenblicklich amalgamirt und zerschnitten.

Man sieht also, dafs wenn die Durchdringlichkeit des Kupfers und Messings bei dem auf Capillarität beruhenden Horsfield'schen Verfahren nicht hervortritt, sie nachgewiesen werden kann, wenn man einen umgekehrten Weg einschlägt d. h. eine Infiltration veranlafst.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1853. ANNALEN №. 3.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXVIII.

I. *Ueber das Verhältnifs zwischen Wassergehalt und Constitution der Salze; von Dr. P. Kremers.*

Bereits vor längerer Zeit versuchte Berzelius [1]) zu zeigen, wie verschiedene bisher unzerlegte Körper, welche als solche deutlich unterscheidbare allotropische Zustände besitzen, diese auch in ihre Verbindungen gleichsam hinübertragen. Es war hiermit die Idee gegeben, zufolge welcher chemische Vereinigung weniger darin besteht, dafs die specifischen Eigenschaften zweier zusammentretender Körper sich gegenseitig aufheben, als vielmehr darin, dafs sich dieselben nur mehr oder weniger verdecken; es war hiermit zugleich die Möglichkeit in Aussicht gestellt, die Richtigkeit einer solchen Ansicht auch noch auf andere Weise zu bestätigen und Eigenschaften, welche blofs bei einem Theile der Elemente sich finden, auch bis in ihre näheren und entfernteren Verbindungen zu verfolgen.

Wenn man die verschiedenen Elemente vergleicht in Hinsicht der Affinität, welche sie dem Wasser gegenüber äufsern, so zeigt sich dieselbe allerdings nur bei einzelnen und auch da nur unbedeutend. Wo sie indefs bisher am deutlichsten auftrat, waren es immer solche Körper, welche dem negativen Ende der elektrischen Spannungsreihe angehören. Es sind namentlich das Chlor und das Brom, welche sowohl durch ihre Auflöslichkeit, als auch dadurch eine bedeutende Affinität zum Wasser zeigen, dafs sie mit demselben Hydrate bilden; es löst sich ferner das Jod nicht unbedeutend, sowie denn auch von Berzelius dem frisch bereiteten Boron Löslichkeit zugeschrieben wird. Es lösen sich ferner mehr oder weniger alle nur im gasförmigen

1) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 1.

Zustande bekannten Elemente wie Sauerstoff [1]), Stickstoff und Wasserstoff. Wenn nun auch der erste unbestreitbar, der zweite ebenfalls noch dem negativen Ende der elektrischen Spannungsreihe zugerechnet wird, so sind doch in Betreff des Wasserstoffs die Ansichten getheilt, indem er bald mit Berzelius zu den Metalloiden, bald auch mit Gmelin zu den Metallen gerechnet wird. Der Umstand indefs, dafs bei letztern bisher noch keine Affinität zum Wasser constatirt werden konnte, möchte die Anzahl der Gründe, welche für die Ansicht von Berzelius sprechen, noch um einen vermehren.

Die Affinität zum Wasser, welche in einigen Metalloïden nur schwach hervortrat, zeigt sich entschieden deutlicher, wenn dieselben mit einem andern Metalloïd sich verbinden und Säuren werden; und zwar erscheint sie hier nicht blofs als Summe der Affinitäten zweier Componenten, sondern durch die Verbindung selbst gesteigert. Wenn ferner in einigen anderen Metalloïden, sowie in sämmtlichen Metallen eine Affinität zum Wasser noch nicht bemerkt werden konnte, so zeigt sich dieselbe doch mehr oder weniger deutlich, wenn durch die Verbindung mit einem Metalloïd Säuren oder Basen entstehen, sey es nun in der bei Säuren meist gröfsern, bei Basen meist geringern Auflöslichkeit in Wasser, oder in der nicht weniger verschiedenen Fähigkeit, Hydrate zu bilden, oder auch in beidem zugleich.

Dafs hier nicht das Metall, sondern vielmehr das Metalloïd die Affinität zum Wasser in die Verbindung gleichsam hineinträgt, ergiebt sich schon durch eine Vergleichung solcher Verbindungen, in welchen ein Metall, selbst ganz ohne nachweisbare Affinität zum Wasser, mit einer wachsenden Menge eines Metalloïds sich verbindet, und die dadurch erzeugte Verbindung eine um so gröfsere Affinität zum Wasser bekundet, in je gröfserer Menge das Metalloïd

1) Es sey hier bemerkt, dafs E. Becquerel, (Pogg. Ann. Bd. 65, S. 461) durch elektrische Versuche geleitet, das Wasserstoffhyperoxyd, dem Chlor- und Bromhydrat entsprechend, als Sauerstoffhydrat betrachtet.

in ihr auftritt [1]). Man gelangt ebenfalls zu ganz demselben Resultat, wenn man erwägt, dafs oft ganze Reihen von Verbindungen eine um so gröfsere Affinität zum Wasser zeigen, je mehr das in ihnen enthaltene Metalloïd sie in freiem Zustande darbot. Schwefel, Sauerstoff und Chlor z. B. unterscheiden sich, was ihre Löslichkeit in Wasser von gleicher Temperatur betrifft, gar nicht unbedeutend. Nun zeigt aber auch die Reihe der sogenannten eigentlichen Metalle ganz deutlich, dafs bei fast allen einzelnen Gliedern die Chlorverbindungen sowohl durch die gröfsere Menge des Krystallwassers, als auch durch eine gröfsere Auflöslichkeit von den entsprechenden Sauerstoff- und Schwefelverbindungen unterschieden sind, und dafs dieser Unterschied zwischen Sauerstoff- und Schwefelverbindungen selbst, wenn auch nicht so bedeutend, doch in sehr vielen Fällen nicht zu verkennen ist.

Dieser, schon in den Elementen liegende, in ihren binären Verbindungen noch gesteigerte Gegensatz wird sich natürlich auch da äufsern, wo letztere zu einem Salze zusammentreten, zumal, wie ich früher [2]) zeigte, Gehalt an Krystallwasser und Auflöslichkeit in Salzen ziemlich neben einander verlaufen.

Ich habe daher im Folgenden eine Reihe von Thatsachen zusammengestellt, welche zeigen sollen, wie in einem Salze die Menge des Krystallwassers mit zunehmendem elektronegativem Bestandtheil wächst, mit zunehmendem elektropositivem Bestandtheil dagegen abnimmt. Es sind die sauren und basischen Salze, welche diese Vergleichung möglich machen. Selbstredend ist indefs, dafs die zu vergleichenden Salze nicht blofs willkührlich gesammelt und zusammengestellt werden können, sondern dafs hier eine möglichst genaue Auswahl getroffen werden mufs. So ist namentlich bei dieser Auswahl ein wesentliches Moment zu berücksichtigen, nämlich der Umstand, dafs in sehr vie-

1) Cu_2Cl und $CuCl + 2aq$; $FeCl + 4aq$ und $Fe_2Cl_3 + 12aq$; Cu_2Br und $CuBr + 5aq$.

2) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 394.

len Salzen der Gehalt an Krystallwasser schon in dem kleinen Temperaturintervall von etwa 0° — 100° bedeutenden Schwankungen unterliegt und man berechtigt ist, solche Schwankungen in gröfseren Temperaturintervallen auch bei anderen Salzen vorauszusetzen [1]).

Solche Schwankungen können mitunter wegen ihres nicht gleichartigen Verlaufs zu ganz verschiedenen Resultaten führen. Vergleicht man z. B. das neutrale und das saure schwefelsaure Natron bei der gewöhnlichen Temperatur von 15°, so würde man allerdings zu dem Schlusse kommen, dafs es nicht die Säure, sondern die Basis sey, welche das Wasser bindet; vergleicht man aber die beiden Salze bei einer höhern Temperatur, etwa bei 80°, so kommt man zu dem entgegengesetzten Schlusse, dafs doch die Säure der Wasserbindende Theil ist. Auffallender Weise haben nun allerdings die meisten der bekannten Salze die Eigenschaft mit einander gemein, dafs sie innerhalb des eben bezeichneten kleinen Temperaturintervalls von 0—100° deutlich zeigen, wie wachsender Säuregehalt mit wachsendem Gehalt an Krystallwasser innig verbunden ist, doch findet diefs keineswegs bei allen Salzen statt. Will man daher denselben Einflufs der Säure und Base, wie er sich

1) Schwankungen im Gehalt an Krystallwasser scheinen in den obigen Temperaturgränzen häufiger aufzutreten, als man gewöhnlich vermuthet. So könnte ich die früher (l. c.) zusammengestellten 26 Salze noch um mehr als 30 andere vermehren, welche sämmtlich dem allgemeinen Gesetze sich unterordnen und eine Thatsache bestätigen, die auch schon aus der früheren Zusammenstellung sich ergiebt, die nämlich, dafs jene Schwankungen sich am häufigsten da zeigen, wo von den ähnlichen Salzbasen solche mit niedrigem Atomgewichte auftreten und dafs in den seltenen Fällen, wo Salzbasen mit höherem Atomgewichte auftreten, diese auch mit einer Säure von hohem Atomgewichte verbunden sind. So fand sich damals neben der grofsen Anzahl Natronsalze kein einziges Kalisalz, neben den Salzen der sogenannten eigentlichen Metalle mit niedrigem Atomgewicht kein einziges Silber-, Blei- oder Quecksilbersalz, wogegen andererseits die Unterschwefelsäure selbst in Verbindung mit Baryt oder die Ueberjodsäure in Verbindung mit Silberoxyd oder auch ein Doppelatom Schwefelsäure sogar in Verbindung mit Kali diese *Schwankungen* zu bewirken vermögen.

in den meisten der bekannteren Salze innerhalb des oben bezeichneten Temperaturintervalls zeigt, auch bei noch anderen Salzen geltend machen, so kann diefs nur bei Temperaturen geschehen, die oft die obigen Gränzen weit überschreiten. So z. B. führt das neutrale und saure kohlensaure Natron innerhalb dieser Temperaturgränze nicht zu dem allgemeinen Schlusse, oder, um mich in der Folge eines kürzeren Ausdrucks zu bedienen, beide Salze sind innerhalb dieser Gränze nicht vergleichbar, allein der Umstand, dafs das saure Salz während eines Temperaturunterschiedes von 80° nichts, das neutrale Salz dagegen nicht weniger als 9 Atome Wasser verloren hat, macht es doch wahrscheinlich, dafs bei einer etwas höheren Temperatur diese beiden Curven [1]) sich schneiden, und also auch diese beiden Salze vergleichbar seyn werden.

Wenn daher Salze von verschiedenem Sättigungsgrade eine gleiche Anzahl Wasseratome enthalten, wie z. B. NH_4Cl, $HgCl + aq$ und NH_4Cl, $2HgCl + aq$, so kann man, selbst wenn von Schwankungen im Gehalt an Krystallwasser nichts bekannt ist, doch noch keineswegs behaupten, dafs bei einer freilich noch unbekannten Temperatur sich der Einflufs der Säure und Basis nicht ebenso geltend machen wird, wie es bei sehr vielen Salzen bei gewöhnlicher Temperatur stattfindet; es ist dieser Schlufs selbst da noch anwendbar, wo, wie in dem eben erwähnten Beispiele des neutralen und sauren schwefelsauren Natrons, scheinbar gerade das entgegengesetzte Verhalten auftritt.

Solche Betrachtungen haben mich beim Entwurfe der folgenden Tabelle geleitet, und können daher in derselben nur solche Salze verglichen werden, welche entweder bei einer ganz nahe liegenden Temperatur sich bildeten, oder

1) Solche Curven, die ich mir zu eigenem Gebrauche mitunter construirte, gewähren den grofsen Vortheil, dafs sie nicht blofs dem Gedächtnifs eine Stütze darbieten, sondern überdiefs auch in einem kleinen leicht übersehbaren Raume eine grofse Mannigfaltigkeit einzelner Erscheinungen darstellen. Was indefs ihre Anwendung oft so sehr mifslich macht, ist die noch so grofse Unbestimmtheit, welche in den einzelnen Angaben herrscht, daher ich ihrer hier auch nur vorübergehend erwähne.

bei welchen, war die Temperatur ungleich, diese Ungleichheit für die Betrachtung kein Hindernifs abgiebt [1]). Solche Salze dagegen, bei denen nichts bekannt ist über die Temperatur, welche in ihrem Entstehungsmomente obwaltete, wohin denn auch alle natürlich vorkommenden Salze gehören, konnten hier nicht aufgenommen werden; doch berechtigt Manches auf die wahrscheinliche Temperatur, bei welcher sie sich bildeten, zu schliefsen. Uebrigens macht die folgende Tabelle keineswegs darauf Anspruch, alle vergleichbaren Salze zu enthalten; sie enthält eben nur solche Salze, welchen ich zufällig bei meiner Lectüre begegnete; sie enthält hin und wieder auch Salze mit organischen Säuren, welche blofs den Zweck haben, zu zeigen, dafs auch hier zwischen anorganischen und organischen Verbindungen kein wesentlicher Unterschied besteht. Auch habe ich, um das Dilemma der Wasserstoff- und Sauerstoffsäurentheorie zu vermeiden, die sogenannten Haloïdsalze nicht berücksichtigt, indem ich sie, den Oxyden gleich, als Basen betrachtete, und hin und wieder als einfache Salze solche anführte, welche mitunter wohl als Doppelsalze angesehen werden; denn ebensogut wie der Sauerstoff Sauerstoffsalze bildet, kann auch das Chlor Chlorsalze oder das Brom Bromsalze bilden und diesen entsprechend jedes andere Metalloïd. Es sind ferner in der folgenden Zusammenstellung die verschiedenen Ansichten über Constitution einiger Salze und Säuren nicht berücksichtigt worden, sondern lediglich das Resultat der Analyse.

I. Salze, welche innerhalb des Temperaturintervalls von etwa 0° — 100° vergleichbar sind.

a) Krystallisirte oder krystallinische Salze.

$3NH_4O, 4BO_3 + 3aq.$ — $NH_4O, 2BO_3 + 4aq.$ — $NH_4O, 4BO_3 + 6aq.$ —

1) Es sind z. B. zwei Salze immer noch vergleichbar, von denen das eine bei gewöhnlicher, das andere dagegen bei einer viel höheren Temperatur krystallisirte, wenn letzteres das saure, das mit gröfserem Wassergehalt ist. Wenn nämlich in letzterem noch bei einer höheren Temperatur der Wassergehalt der gröfsere ist, so ist er bei einer dem *ersteren* Salze entsprechenden niedrigeren Temperatur wenigstens ebenso *grofs*, wenn nicht noch gröfser.

$2NH_4O$, cPO_5+aq. — NH_4O, cPO_5+2aq. —
$2NH_4O$, AsO_5+aq. — NH_4O, AsO_5+aq. —
KO, $2BO_3$+5aq. — KO, $3BO_3$+8aq. — KO, $6BO_3$ +10aq. —
3KO, cPO_5. — 2KO, cPO_5+aq. — KO, cPO_5+ 2aq. —
KO, SO_3. — KO, $2SO_3$+aq. —
KO, C_2O_3+2aq. — KO, $2C_2O_3$+3aq. —
2KO, $C_{12}H_8O_{14}$+aq. — KO, $C_{12}H_8O_{14}$+3aq. —
NaO, BO_3+8aq. — NaO, $2BO_3$+10aq. —
NaO, SO_3. — NaO, $2SO_3$+aq. —
NaO, WO_3+2aq. — NaO, $2WO_3$+4aq. —
2(LiO, C_2O_3)+aq. — LiO, $2C_2O_3$+3aq. —
MgO, $3BO_3$+8aq. — MgO, $6BO_3$+18aq. —
3CaO, cPO_5. — 2CaO, cPO_5+4aq. —
2BaO, PO_5+2aq. — 2(BaO, PO_5)+5aq. —
Bi_2O_3, NO_5+aq. — Bi_2O_3, $3NO_5$+9aq —
3ZnO, cPO_5+2aq. — 2ZnO, cPO_5+3aq. —
$2Hg_2O$, NO_5+aq. — Hg_2O, NO_5+2aq. —
KCl, HgCl+aq. — KCl, 2HgCl+2aq. — KCl, 4HgCl+4aq.
CaCl, 2HgCl+6aq. — CaCl, 5HgCl+8aq. —

b) Salze, bei welchen eins oder mehrere scheinbar nicht krystallinisch sind.

KO, SbO_5+5aq. — KO, $2SbO_5$+6aq. —
NaO, TeO_3+2aq. — NaO, $2TeO_3$+4aq. —
3BaO, cPO_5. — 2BaO, cPO_5+aq. — BaO, cPO_5 +2aq. —
BaO, WO_3. — BaO, $2WO_3$+5aq. —
SrO, WO_3. — SrO, $2WO_3$+4aq. —
3MgO, cPO_5+5aq. — 2MgO, cPO_5+7aq. —
2UO, SO_3+3aq. — UO, SO_3+4aq. —
MnO, WO_3+2aq. — MnO, $2WO_3$+3aq. —
8ZnO, NO_5+4aq. — ZnO, NO_5+6aq. —
$6Fe_2O_3$, SO_3+10aq. — $6Fe_2O_3$, $3SO_3$+18aq. —
$3Fe_2O_3$, $5JO_5$+15aq. — $3Fe_2O_3$, $6JO_5$+24aq. —
$4Fe_2O_3$, AsO_3+5aq. — $2Fe_2O_3$, $3AsO_3$+7aq. —

$6CoO, NO_5 + 5aq.$ — $CoO, NO_5 + 6aq.$ —
$CoO, WO_3 + 2aq.$ — $CoO, 2WO_3 + 3aq.$ —
$4CuO, SO_3 + 4aq.$ — $CuO, SO_3 + 5aq.$ —
$3CuO, NO_5 + aq.$ — $CuO, NO_5 + 6aq.$ —
$CuO, WO_3 + 2aq.$ — $CuO, 2WO_3 + 4aq.$ —
$3HgO, NO_5 + aq.$ — $2HgO, NO_5 + 2aq.$ —
$Bi_2O_3, SO_3 + 2aq.$ — $Bi_2O_3, 2SO_3 + 3aq.$ —
$ZnCl, 3ZnO + 2aq.$ — $ZnCl, 6ZnO + 6aq.$ —
$CuCl, 3CuO + 4aq.$ — $CuCl, 4CuO + 6aq.$ —

II. Salze, von denen einige bestimmt, andere wahrscheinlich nicht in dem obigen Temperaturintervall vergleichbar sind.

a) Krystallisirte oder krystallinische Salze.

$KO, CO_2 + 2aq.$ — $KO, 2CO_2 + aq.$ —
$KO, WO_3 + 5aq.$ — $KO, 2WO_3 + 2aq.$ —
$KO, TeO_3 + 5aq.$ — $KO, 2TeO_3 + 4aq.$ —
$NaO, CO_2 + aq.$ — $NaO, 2CO_2 + aq.$ —
$2NaO, cPO_5 + 25aq.$ — $NaO, cPO_5 + 4aq.$ —
$2NaO, JO_7 + 3aq.$ — $NaO, JO_7.$ —
$2NaO, AsO_5 + 25aq.$ — $NaO, AsO_5 + 4aq.$ —
$4PbO, NO_4 + 2aq.$ — $2PbO, NO_4 + aq.$ —

b) Salze, bei welchen eins oder mehrere scheinbar nicht krystallinisch sind.

$CdO, WO_3 + 2aq.$ — $CdO, 2WO_3.$ —
$NiO, WO_3 + 6aq.$ — $NiO, 2WO_3 + 4aq.$ —
$Fe_2O_3, cPO_5 + 5aq.$ — $3Fe_2O_3, 2cPO_5 + 16aq.$ —

In der vorhergehenden Tabelle wurden neben den eigentlichen Salzen hin und wieder auch solche angeführt, bei welchen man billig ansteht, ob sie als wirkliche basische Salze, oder vielmehr, ihrer Entstehungsweise entsprechend, als mechanische Gemenge eines basischen Salzes mit mehr Basis anzusehen sind. Es konnten dieselben nicht füglich übergangen werden, weil es so sehr schwer ist, hier eine bestimmte Gränze zu ziehen. Ferner wurden die verschiedenen Salze so geschrieben, dafs sie nicht weiter theilbar sind, dafs sie mithin als blofs aus einem Salzatom beste-

hend erscheinen, Formeln, welche man für dieselben gewöhnlich in der chemischen Literatur angegeben findet.

Neben dieser Art der Vergleichung können indefs noch zwei andere durchgeführt werden, von denen die eine immer nur solche Salze betrachtet, welche eine gleiche Anzahl basischer Atome, die andere dagegen nur solche Salze, welche eine gleiche Anzahl saurer Atome besitzen. Letztere beide sind von der ersteren dadurch wesentlich unterschieden, dafs sie, von der Ansicht einer blofsen Substitution ausgehend, die verschiedene Wirkung anzeigen, welche dadurch resultirt, dafs zu einem Salzatom entweder wieder ein Salzatom oder nur ein Theil desselben, sey es nun die Base oder die Säure, hinzugefügt wird.

Wenn man nun die vorhergehende Tabelle so umschreibt, dafs bei den zu vergleichenden Salzen die Anzahl der basischen Atome eine gleiche ist, so kann der einzige Unterschied zwischen einer solchen und der eben angeführten Tabelle nur darin bestehen, dafs da, wo basische Salze mit neutralen oder sauren verglichen wurden, der gröfsere Gehalt an Krystallwasser bei letztern noch deutlicher wird und dadurch mitunter wohl zwei vergleichbare Salze aus II in I hinübertreten. Ein entgegengesetztes Verhalten ist hier nicht möglich. Versucht man indefs dieselbe Tabelle so umzuschreiben, dafs unter den zu vergleichenden Salzen die Anzahl der Säureatome stets dieselbe ist, so zeigt sich dabei nie, dafs zwei vergleichbare Salze aus II in I hinübertreten, wohl aber zeigt sich sehr häufig ein entgegengesetzes Verhalten.

Was diesem so verschiedenen Verhalten eigentlich zu Grunde liegt, bleibt einstweilen unentschieden; doch möchte ich noch darauf hinweisen, wie manche Beziehungen die erste Vergleichungsart, bei welcher nämlich die einfachen Atome betrachtet wurden, zu einer andern hat, die ich schon in einer frühern Arbeit[1]) durchführte.

Es zeigten sich damals gewisse Körpergruppen, und zwar sowohl unter den elektropositiven als auch unter den

1) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 375.

elektronegativen Körpern, deren Glieder in einem Salze sich gegenseitig ersetzend, nur den reinen Effect der Massenwirkung zeigten. Wenn z. B. der nicht unbedeutende Wassergehalt der schwefelsauren Magnesia sich in dem Maafse vermindert, als Magnesia durch andere Körper wie Kalk, Strontian oder Baryt ersetzt wird, welche wegen ihres höhern Atomgewichts nothwendiger Weise mit einer gröfsern Masse in die Verbindung eingehen müssen, oder wenn das gewöhnliche schwefelsaure Eisenoxydul in dem Maafse Wasser verliert, als an die Stelle des Eisens nach und nach Kupfer, oder Silber oder Blei eintreten, so ist dieses Verhältnifs ganz ebenso, als ob in der ersten der hier erwähnten Vergleichungsarten immer basischere Magnesia- oder Eisenoxydulsalze dargestellt worden wären; oder wenn in einem andern ganz ähnlichen Falle der Nullpunkt des Chlornatriums in dem Maafse erhöht wird, in welchem ganz ähnliche elektronegative Bestandtheile mit nur stets wachsendem Atomgewicht in die Verbindung eintreten, im vorliegenden Falle z. B. Brom und Jod, so ist der Effect ganz ebenso, als wenn stets saurere Chlornatriumverbindungen gebildet würden. Es ist diese in Bezug auf Wassergehalt so gleichartige Massenwirkung, welche die einzelnen Glieder dieser Körpergruppen einerseits so innig mit einander verbindet, andererseits aber auch sie wieder strenge von denen anderer Körpergruppen unterscheidet. So z. B. wäre es nicht durchführbar, eins der sogenannten eigentlichen Metalle in jeder Hinsicht der Alkalireihe beizufügen.

Ob die einzelnen Glieder der vorerwähnten Körpergruppen sich in Bezug auf den Wassergehalt dynamisch ganz gleich verhalten, ob ein Massentheil des einen bei derselben oder doch naheliegender Temperatur ganz dieselbe Wirkung äufsert, als ein Massentheil des andern, ob also in Bezug auf Massenwirkung dieselben sich ebenso vertreten, wie isomorphe Körper in räumlicher Hinsicht, ist allerdings wahrscheinlich, doch schwer zu entscheiden. Es möchten sich indefs wohl Salze finden, welche für diese Ansicht sprechen. Die beiden hier folgenden Salze sind

wohl geeignet, zu zeigen, dafs eine solche Vermuthung wohl nicht ganz ungegründet ist.

Laurent.	Payen.
$KO = 21{,}11$	$NaO = 21{,}25$
$3BO_3 = 46{,}69$	$2BO_3 = 47{,}89$
$8aq = 32{,}20$	$5aq = 30{,}86$

Diese beiden Salze haben eine fast gleiche procentische Zusammensetzung und unterscheiden sich lediglich nur dadurch, dafs der Kaligehalt des einen durch eine fast gleich grofse Masse Natron im andern ersetzt ist. Das Natronsalz bildet sich bei einer Temperatur von 56° — 79° C. Ob das Kalisalz bei einer nahe gleichen Temperatur sich bildete, ist nicht bestimmt angegeben, jedoch wird es dem Vorhergehenden (S. 340 Anmerkung) zufolge als Kalisalz nur in verhältnifsmäfsig grofsen Temperaturintervallen Schwankungen im Gehalt an Krystallwasser zeigen, und ist daher wohl Grund vorhanden, dafs auch bei einer dem Natronsalze entsprechenden Temperatur die procentische Zusammensetzung immer noch dieselbe ist. Dafs Salze, wie die eben erwähnten, immer nur eine seltene Erscheinung sind, ist darin begründet, dafs einerseits in den mehrmals erwähnten Körpergruppen die Atomgewichte der einzelnen Glieder nur selten einfache Zahlenverhältnisse darbieten, und dafs andererseits ein Salz um so schwieriger darstellbar ist, je weniger Säure und Base in einfachem Verhältnisse stehen. Dagegen konnte ich zwei andere, den oben erwähnten entsprechende Salze, in denen Basen aus verschiedenen Körpergruppen auftreten, bisher nirgendwo auffinden, und ist es auch gar nicht denkbar, dafs unter gleichen Temperaturverhältnissen sich zwei solche Salze bilden können.

Um das Vorangehende in wenigen Worten wiederzugeben, so ist es die schon in den Elementen liegende verschiedene Affinität zum Wasser, welche, in ihren binären Verbindungen noch gesteigert, als eine der Hauptursachen des in den Salzen auftretenden gröfseren oder geringeren Wassergehaltes anzusehen ist. Veränderungen im Gehalte

des letzteren, bald hervorgebracht durch eine blofs einseitige Aufnahme derselben Atome, wie in den sauren und basischen Salzen, bald auch durch den Austausch gegen ein anderes in vielen Eigenschaften ähnliches Atom, welches nur in Folge seines verschiedenen Gewichts mit einer gröfsern oder geringern Masse eintreten mufs, alle solche Veränderungen werden überdiefs noch modificirt durch die Temperatur, welche bei diesen Vorgängen obwaltete. Die Menge des Krystallwassers erscheint demnach als Resultante verschiedener Momente [1]), von denen eines durch das andere bald gesteigert, bald auch theilweise oder ganz compensirt werden kann. Bei dieser Compensation erschienen in den meisten der bekannteren Salze als einander gleichwirkende Momente einerseits gesteigerte Temperatur und gesteigerter Gehalt an Basis, andererseits verminderte Temperatur und gesteigerter Gehalt an Säure. Der Umstand, dafs eine Vertretung dieser einzelnen Momente in einigen anderen Salzen ein entgegengesetztes Resultat verursacht, führte zu der Annahme, es gebe eine Temperatur, welche diesen Uebergang zu ganz entgegengesetztem Verhalten bezeichne und müsse dieselbe verschieden seyn für die verschiedenen Salze; eine Annahme, welche auch durch verschiedene Thatsachen wahrscheinlich gemacht wurde.

1) Man kann den vorhergehenden sogar noch ein Moment hinzufügen, welches, wenn auch weniger häufig beobachtet, doch hin und wieder mit Bestimmtheit nachgewiesen ist, nämlich den Einflufs, welchen der Concentrationsgrad einer Flüssigkeit bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen auf das daraus sich absetzende Salz äufsert. Ein solcher Einflufs des Concentrationsgrades wurde z. B. beobachtet bei Fe_2Cl_3, dem Doppelsalze $NaO\,SO_3 + MnO\,SO_3$, sowie bei $2MgO, PO_5$, $NaO\,BO_3$ und $LiCl$.

II. *Die Grundzüge eines thermochemischen Systems; von Julius Thomsen,*

Assistenten am chemischen Laboratorium der polytechnischen Lehranstalt zu Copenhagen.

I. Entwickelung der allgemeinen Begriffe.

§. 1.

Die Intensiät der chemischen Kraft ist in demselben Körper bei unveränderter Temperatur dieselbe.

Wenn die Intensität der chemischen Kraft sich aus irgend einem Grunde verringert, wodurch also der Körper in thermochemicher Beziehung ein anderer wird, so entwickelt sich eine gröfsere oder geringere Menge der Kraft. Die Gröfse der so entwickelten Kraft können wir nach einem *absoluten* Maafse bestimmen; sie ist die durch den Procefs entbundene *Wärme.*

Die chemische Kraft kann, indem sie sich entbindet, verschiedene Charaktere annehmen; sie tritt bald hervor als Wärme, bald als Elektricität u. s. w. Die Umstände, unter welchen die Entbindung zu Stande kommt, bestimmen die Form, in welcher die chemische Kraft auftreten wird.

Es verhält sich hier wie bei der Entbindung von Elektricität durch Reibung. Isoliren wir die ganze Elektrisirmaschine, so tritt die gehemmte Wirkung der Reibung hervor als eine Erwärmung der geriebenen Theile. Vereinigen wir aber mittelst eines Leiters die beiden Conductoren oder setzen wir sie beide in leitende Verbindung mit der Erde, dann beginnt ein elektrischer Strom; ein Theil der Wärme, welche sich sonst in den geriebenen Theilen entwickeln würde, tritt jetzt hervor als Elektricität. Die Wärme der Maschine erhält in der gegebenen Zeit einen geringeren Zuwachs, ein Theil derselben durchströmt die Leiter als Elektricität und entbindet dort die der Maschine geraubte Wärme.

Giefsen wir verdünnte Schwefelsäure in ein Glas und legen darin einen Zinkstreifen, so tritt die ganze freiwerdende chemische Kraft hervor als Wärme. Giefsen wir aber die Säure in ein leitendes Gefäfs, setzen dieses auf die Erde und vereinigen das Zink durch einen leitenden Draht gleichfalls mit der Erde, so entsteht ein elektrischer Strom; ein Theil der durch die chemische Wirkung entbundenen Kraft durchströmt als Elektricität die Leiter und entbindet darin eine ihr entsprechende Quantiät Wärme.

§. 2.

Die ganze durch eine chemische Wirkung erzeugte Wärmemenge ist also ein Maafs für die durch den Procefs entbundene chemische Kraft.

Als *Einheit für die entwickelte Wärme* setzen wir die Quantität, welche erforderlich ist, um eine Menge Wasser gleich dem Gewichte eines Aequivalents Sauerstoff um einen Grad Celsius zu erhöhen. Setzen wir also das Aequivalent des Sauerstoffs = 1 Grm., so ist unsere *Wärmeeinheit* = 1 Grm. Wasser um 1° C. erwärmt; diese Gröfse wollen wir durch 1° bezeichnen.

§. 3.

Denken wir uns die Intensität (i) der chemischen Kraft eines Stoffs von i bis $\frac{i}{\infty}$ verringert und die ganze dadurch entwickelte Kraft auf Wärmeeinheiten reducirt und für das Aequivalent des Stoffes berechnet, so erhalten wir einen Ausdruck für die Gröfse der chemischen Kraft des Aequivalents. Diese Gröfse benennen wir das *thermodyname Aequivalent* des Stoffes und bezeichnen es der Kürze halber durch th. dyn. Aeq.

Körper mit gleichem th. dyn. Aeq. benennen wir *isodynam*, mit ungleichem th. dyn. Aeq. *heterodynam*.

Für denselben Körper ist also das th. dyn. Aeq. stets dasselbe, und die *isomeren* Körper sind in thermochemischer Beziehung als verschiedene zu betrachten, weil sie, obgleich mit unveränderter chemischer Zusammensetzung, *ein verschiedenes th. dyn. Aeq. besitzen.* Das Nähere über

diesen Körper wird Gegenstand einer folgenden Abhandlung seyn.

§. 4.

Die Gröfse der Wärmetönung[1]) *bei Bildung einer Verbindung* ist eine Function der th. dyn. Aeq. der Bestandtheile und der Verbindung; sie ist nämlich *die Differenz zwischen der Summe der th. dyn. Aeq. der Bestandtheile und dem th. dyn. Aeq. der Verbindung;* oder

$$w = x + x' + x'' + \ldots - r \; . \; . \; . \; (1)$$

indem x, x', $x''\ldots$ die th. dyn. Aeq. der Bestandtheile, und r das der Verbindung bezeichnet.

Aus (1) folgt nun

$$-w = r - (x + x' + x'' + \ldots) \; . \; . \; . \; (2)$$

oder: *die Wärmetönung bei der Decomposition einer Verbindung ist gleich grofs aber entgegengesetzt der, welche bei der Bildung der Verbindung entsteht.* Dieser letzte Satz ist schon von Lavoisier und Laplace ausgesprochen worden, und die Richtigkeit des Satzes durch Versuche von Andrews und Hefs in der neueren Zeit bewiesen. Defsungeachtet schreibt Th. Woods[2]): »die Zersetzung einer Verbindung erzeugt so viel Kälte, als die Vereinigung ihrer Elemente Wärme hervorbrachte« und fügt hinzu: »diese *neue* Idee habe ich noch in keinem chemischen Werke angetroffen. Ich glaube, man wird sie für wichtig halten etc.

§. 5.

Um die thermochemischen Wirkungen bequem andeuten zu können, ist eine eigene *Bezeichnung* nothwendig. Der nachstehenden Bezeichnung habe ich mich bei meiner Arbeit in den letzten Jahren bedient; sie ist die nämliche, welche ich in der Naturforscherversammlung zu Stockholm im Jahre 1851 vorgeschlagen habe.

Die Wärmetönung bei der Bildung einer Verbindung

1) Es sey mir erlaubt das Wort »Wärmetönung« zu gebrauchen, um gleichzeitig Wärmeentwickelung und Wärmeabsorption zu bezeichnen.

1) Erdm. Journ. 2te Reihe LV, S. 93.

$X^a Y^b Z^c \ldots$ aus ihren Bestandtheilen aX, bY, $cZ \ldots$ wird folgendermaſsen bezeichnet:

$$w = (X^a,\ Y^b,\ Z^c \ldots) \ldots (3).$$

Es bezeichnet z. B.

$$w = (PbS,\ O^4)$$

die Wärmetönung bei der Bildung eines Aequivalents des schwefelsauren Bleioxyds aus seinen Elementen.

Die Verbindung $X^a Y^b Z^c$ können wir aber auch aus $X^a Y^b$ und Z^c oder aus X^a und $Y^b Z^c$ oder aus $X^a Y^d$ und $Y^{b-d} Z^c$ gebildet denken; in diesem Falle wird also die Bezeichnung folgendermaſsen:

$$(X^a Y^b,\ Z^c) \text{ oder } (Y^a,\ Y^b Z^c) \text{ oder } (X^b Y^d,\ Y^{b-d} Z^c) \quad (4)$$

indem das Comma die respectiven Bestandtheile scheidet, und die Parenthesen die ganze Anzahl Stoffe sammelt, welche nach der Vereinigung ein Ganzes bilden.

Es bezeichnet z. B.

$$(PbS,\ O^4),\ (Pb,\ SO^4),\ (\dot{P}b,\ \dddot{S}) \text{ und } (\ddot{P}b,\ \ddot{S})$$

die Wärmetönung, welche entsteht, wenn ein Aequivalent schwefelsaures Bleioxyd gebildet wird durch Oxydation des Schwefelbleis, durch Vereinigung des Bleis mit der hypothetischen Radicale SO^4, des Bleioxyds mit wasserfreier Schwefelsäure oder endlich des Bleisuperoxyds mit schwefliger Säure.

Der Formel (2) zufolge ist die Wärmetönung bei der Zerlegung der Verbindung $X^a Y^b Z^c$ in ihre Bestandtheile X^a, Y^b und Z^c oder in $X^a Y^b$ und Z^c folgendermaſsen auszudrücken, nämlich

$$\left.\begin{array}{ll} \text{im ersten Falle} & w = -(X^a,\ Y^b,\ Z^c) \\ \text{im zweiten Falle} & w' = -(X^a Y^b,\ Z^c) \end{array}\right\} \quad (5).$$

Wenn eine Verbindung $X^a Y^b$ durch Z^c in $X^a Z^c$ und Y^b zerlegt wird, so ist die Wärmetönung bei dieser *einfachen Zersetzung*

$$w = (X^a,\ Z^c) - (X^a,\ Y^b) \ldots (6).$$

Für die Reduction des Kupferoxyds und des Eisenoxyds durch Wasserstoff ist also die Bezeichnung folgende:

$w =$

$$w = (H, O) - (Cu, O)$$
$$w' = 3(H, O) - (Fe^2, O^3).$$

Bei *doppelten Zersetzungen*, wo aus zwei Verbindungen, $X^a Y^b$ und $Z^c V^d$, zwei neue z. B. $X^a Z^c$ und $Y^b V^d$ gebildet werden, ist die Wärmetönung:

$$w = (X^a, Z^c) + (Y^b, V^d) - (X^a, Y^b) - (Z^c, V^d) \quad (7)$$

z. B. für die Decomposition des Bleioxyds durch Schwefelwasserstoff ist die Formel

$$w = (Pb, S) + (H, O) - (Pb, O) - (\dot{H}, S).$$

Der Formel (4) zufolge bezeichnet $(X^a Y^b Z^c, \dot{H}^d)$ die Wärmetönung bei der Verbindung von $X^a Y^b Z^c$ mit d Aeq. Wasser. Um aber die durch vollständige Lösung in Wasser hervortretende Wirkung zu bezeichnen, schreibt man

$$w = (X^a Y^b Z^c, Aq) \;.\;.\;. \; (8).$$

Der Werth ist bald positiv, bald negativ. Es entwickelt sich z. B. durch Verdünnung des Schwefelsäurehydrats $\dot{H}\dddot{S}$, mit Wasser 1084° pro Aeq. Schwefelsäure, also

$$(\dot{H}\dddot{S}, Aq) = 1084°$$

Durch Auflösung des unterschwefelsauren Baryts wird dagegen, wie es bei den meisten Salzen der Fall ist, Wärme absorbirt, nämlich

$$(\dot{B}a\dddot{S}^2 \dot{H}^2, Aq) = -419°.$$

Die Formel (8) ist also ein Ausdruck für die *Lösungswärme* der Körper mit Rücksicht auf Wasser.

Während $(\dot{N}a, \dddot{S})$ die durch Vereinigung des wasserfreien Natrons mit wasserfreier Schwefelsäure entwickelte Wärme ausdrückt, bezeichnet

$$(\dot{N}a\,Aq, \dddot{S}\,Aq) \;.\;.\;. \; (9)$$

die durch Neutralisation des in Wasser gelösten Natrons mittelst verdünnter Schwefelsäure entwickelte Wärme. Durch Aq bezeichnen wir stets eine so groſse Menge Wasser, das keine thermische Wirkung bei fortgesetzter Verdünnung eintritt.

Um die *Hydrate*, welche gebildet werden, wenn Körper aus ihren wässerigen Auflösungen niedergeschlagen

werden, zu bezeichnen, dient die Hinzufügung eines $\dot{H}^x$ zur Formel. Es bezeichnet demnach

$$\dddot{Fe}^2 \dot{H}^x \; . \; . \; . \; (10)$$

die Zusammensetzung des Eisenoxydhydrats, welches auf nassem Wege dargestellt wird.

Neutralisirt man Schwefelsäure mit Barytwasser, so ist die Wärmeentwicklung eine Function zweier Gröfsen; sie rührt nämlich theils von der Neutralisation, theils von dem Niederschlagen des Salzes her, sie ist nämlich

$$(\dot{Ba}\,Aq,\ \dddot{S}\,Aq) - (\dot{Ba}\,\dddot{S}\,\dot{H}^x\,Aq).$$

Indem die Bezeichnung (9) stets voraussetzt, dafs die Verbindung gelöst bleibe. Der Kürze halber bezeichne ich diese Differenz durch $^-(\dot{Ba}\,Aq,\ \dddot{S}\,Aq)$; es ist also

$$^-(\dot{Ba}\,Aq,\ \dddot{S}\,Aq) = (\dot{Ba}\,Aq,\ \dddot{S}\,Aq) - (\dot{Ba}\,\dddot{S}\,\dot{H}^x,\ Aq) \quad (11).$$

Analog mit den Formeln (6) und (7) sind auch die auf *nassem Wege entstandenen einfachen und doppelten Zersetzungen* in ihre einzelnen Glieder zu zerlegen. Es bezeichnet also

$$\left.\begin{array}{l} ^-(\dot{Ba}\,Aq,\ \dddot{S}\,Aq) - (\dot{Ba}\,Aq,\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}\,Aq) \text{ und} \\ ^-(\dot{Ba}\,Aq,\ \dddot{S}\,Aq) - (\dot{Mg}\,\dot{H}^x,\ \dddot{S}\,Aq \end{array}\right\} \quad (12)$$

respective die durch Zersetzung des salpetersauren Baryts mittelst Schwefelsäure entstandene Wärmetönung, und die durch Zersetzung der schwefelsauren Magnesia mittelst Barytwasser. Die Bezeichnung für die doppelte Zersetzung ist analog damit.

Das *thermodyname Aequivalent* eines Körpers wird bezeichnet, indem man seine Formel in eine Parenthese einschliefst; für den Körper $X^a Y^b Z^c$ ist es also

$$(X^a Y^b Z^c) \; . \; . \; . \; (13).$$

Es bedeütet demnach

$$(Pb) \qquad (\dot{Pb}\,\dot{H}^x) \qquad (\dot{Pb}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N})$$

das th. dyn. Acq. des Bleis, des Bleioxydhydrats und des salpetersauren Bleioxyds.

Die hier angeführten Bezeichnungen werden hinlänglich

seyn, um mit Leichtigkeit die verschiedenen Verhältnisse auszudrücken.

§. 6.

Der Formel (1) zufolge hat man also folgende Relation:

$$(X^a, Y^b, Z^c \ldots) = a(X) + b(Y) + c(Z) + \ldots - (X^a Y^b Z^c) \quad (14).$$

Ist also die Summe des th. dyn. Aeq. der Bestandtheile der zu bildenden Verbindung gröfser als das th. dyn. Aeq. der Verbindung, so ist die Bildung der Verbindung von einer Wärmeentwicklung begleitet, im entgegengesetzten Falle tritt eine Absorption von Wärme ein.

Es ist z. B.

$$(K, Cl) = (K) + (Cl) - (K\,Cl) = 13528^{\circ}$$

$$(KCl, O^6) = (KCl) + 6(O) - (\dot{K}\dddot{Cl}) = -1200^{\circ}$$

also ist die Bildung des Chlorcalciums von einer Wärmeentwicklung begleitet; dagegen würde die Oxydation des Chlorcalciums zu chlorsaurem Kali mit einer Wärmeabsorption verbunden seyn.

§. 7.

Es sey die Verbindung $P^a Q^b R^c S^d$ aus ihren Bestandtheilen succesive gebildet, indem z. B. erst P^a mit Q^b und R^c mit S^d, dann diese beiden Körper, $P^a Q^b$ und $R^c S^d$, mit einander vereinigt worden wären, — es fragt sich nun, in welchem Verhältnisse steht die dadurch successive entwickelte Wärme zu der, welche resultiren würde, wenn die Verbindung auf einmal aus ihren Bestandtheilen gebildet worden wäre?

Der Formel (14) zufolge ist:

$$(P^a, Q^b) = a(P) + b(Q) - (P^a Q^b)$$
$$(R^c, S^d) = c(R) + d(S) - (R^c S^d)$$
$$(P^a Q^b, R^c S^d) = (P^a Q^b) + (R^c S^d) - (P^a Q^b R^c S^d)$$

durch Addition dieser drei Gleichungen wird erhalten

$$(P^a, Q^b) + (R^c, S^d) + (P^a Q^b, R^c S^d) = a(P) + b(Q) + c(R) + d(S) - (P^a Q^b R^c S^d).$$

Nun ist aber auch der Formel (14) zufolge

$$(P^a, Q^b, R^c, S^d) = a(P) + b(Q) + c(R) + d(S) - (P^a Q^b R^c S^d),$$

Also haben wir die Relation

$$(P^a, Q^b) + (R^c, S^d) + (P^a Q^b, R^c S^d) = (P^a, Q^b, R^c, S^d) \quad (15)$$

oder: *Die resultirende Wärme ist stets dieselbe, man mag die Verbindung successive oder auf einmal aus ihren Bestandtheilen bilden.* Denselben Satz hat Hefs[1]) schon früher auf experimentellem Wege gefunden; er läfst sich auf alle Fälle ausdehnen und ist eine Folge der Unveränderlichkeit der thermodynamen Aequivalente

II. Isodynamie.

§. 8.

Isodyname Körper sind solche, welche ein gleiches thermodynames Aequivalent besitzen.

Für eine Reihe isodynamer Körper zusammengesetzt nach der Formel

$$X^a_n Y^b Z^c \ldots$$

ist die Wärmetönung bei Bildung der Verbindung zufolge der Formel (14)

$$W_n = (X^a_n, Y^b, Z^c \ldots) = a(X_n) + b(Y) + c(Z) + \ldots - r \quad (16)$$

indem r das th. dyn. Aeq. der Verbindung bezeichnet. In dieser Formel sind Y, Z, a, b, c und r constante Gröfsen, X_n aber variabel, indem verschiedene Körper in dieses Glied der Formel eintreten können.

Die Differenz zwischen der Bildungswärme zweier Glieder der gedachten Reihe, z. B. W_n und W_m ist dann

$$W_n - W_m = (X^a_n, Y^b, Z^c \ldots) - X^a_m, Y^b, Z^c \ldots) = a[(X_n) - (X_m)] \quad (17)$$

oder: *Die Differenz zwischen der Wärmetönung bei der Bildung zweier isodynamen Verbindungen, deren chemische Formel dieselbe ist, ist gleich der Differenz zwischen den th. dyn. Aeq. der vicarirenden Körper, multiplicirt mit der Zahl, welche die Anzahl der Aequivalente dieser bezeichnet.*

Combiniren wir die gedachte Reihe isodynamer Körper $X^a_n Y^b Z^c \ldots$ mit einer anderen Reihe ebenfalls unter

1) Pogg. Annd. Bd. L. S. 392.

sich isodynamer Körper, z. B. $X^a_n Y^b_, Z^c_,$, deren th. dyn Aeq. r' sey, und deren Bildungswärme also folgende ist.

$$W'_n = (X^a_n,\ Y^b_,,\ Z^c_, \ldots) = a(X_n) + b_,(Y_,) + c_,(Z_,) + \ldots - r',$$

so erhalten wir, indem alle Gröfsen mit Ausnahme von X_n constant sind, diese aber gleichzeitig in beiden Reihen variirt, für die Differenz der Bildungswärme zweier analogen Glieder folgenden Ausdruck:

$$W_n - W'_n = b(Y) - b_,(Y_,) + c(Z) + c_,(Z_,) + \ldots - r + r' \quad (18)$$

oder: *die Differenz der Bildungswärme der correspondirenden Glieder zweier Reihen, welche jede für sich aus isodynamen Gliedern bestehen, ist stets dieselbe; sie ist unabhängig vom gemeinschaftlichen Gliede* X_n.

Es seyen ferner $X^a Y^b \ldots$ und $Z^c V^d \ldots$ isodyname Körper. Es ist also die Differenz ihrer Bildungswärme

$$(X^a,\ Y^b \ldots) - (Z^c,\ V^d \ldots) = a(X) + b(Y) - c(Z) - d(V) \quad (19)$$

oder: *die Differenz der Bildungswärme zweier isodynamen Körper ist nur abhängig von der Differenz in ihrer chemischen Zusammensetzung.* Ganz anders verhält es sich aber, wenn das th. dyn. Aeq. nicht dasselbe ist, und, wenn man dieses nicht berücksichtigt, geräth man in dieselbe Verwirrung wie in anderen Theilen der Wissenschaft, z. B. bei der *Berechnung über den Einflufs der chemischen Zusammensetzung auf die Siedhitze der Verbindungen;* auf diesen Punkt hoffe ich später einmal wieder zurückzukommen.

Die Glieder zweier Reihen, welche jede für sich isodyname Glieder enthalten, müssen stets die Formel (18) befriedigen, das heifst:

$$W_n - W'_n = \text{Constans}.$$

Es ist aber die Erfüllung dieser Bedingung nicht hinlänglich, um die Verbindungen als isodyname zu charakterisiren; denn wenn man in der Formel (18) $\varrho + s_n$ und $\varrho' + u_n$ anstatt r und r' setzt, indem s_n und u_n mit X_n gleichzeitig variiren, so wird die Gleichung (18) befriedigt, wenn

$$s_n - u_n = \text{Constans},$$

ungeachtet der Heterodyamie der Verbindungen. Ich werde

später auf die Bedeutung dieser Ausdrücke zurückkommen und jetzt erst untersuchen, ob es überhaupt Verbindungen gebe, welche die Formeln (17) und (18) befriedigen.

§. 9.

Es ist nicht möglich mit Bestimmtheit *a priori* anzugeben, welche Verbindungen als isodyname zu betrachten sind; doch giebt es einige Körper, welche in allen ihren Eigenschaften sich so übereinstimmend verhalten, dafs man wohl berechtigt seyn kann, sie als isodyname Körper zu betrachten. Zu diesen Körpern gehören die verschiedenen Gruppen neutraler Salze, die Chlorverbindungen und ähnliche Körper; und wir wollen in der folgenden Betrachtung von der *Hypothese ausgehen, dafs die neutralen Salze der meisten Säuren, die Chlorverbindungen etc. jede Klasse für sich isodyname Verbindungen enthalten.* Es sind demnach alle schwefelsauren Salze, wenn sie nach derselben rationellen Formel zusammengesetzt sind, isodyname Körper, ebenfalls die salpetersauren Salze unter sich, ohne dafs diese letzteren mit den ersteren isodynam zu seyn brauchen. Wir wollen nun unter Voraussetzung der Isodynamie der gedachten Verbindungen, die Formeln (17) und (18) auf diese Körper anwenden. Der Zustand, in welchem wir die Körper als isodyname betrachten wollen, ist die wässerige Lösung derselben, und ich werde später diese Meinung zu rechtfertigen suchen.

§. 10.

Wir wollen die zusammengesetzten Körper der Leichtigkeit halber als aus zwei Gliedern bestehend denken; indem wir das elektropositive Glied durch *R*, das elektronegative durch *Q* bezeichnen. Unsere Formel ist dann *R Q*. Für die Körper $\dot{\mathrm{P}}\mathrm{b}$, $\dot{\mathrm{P}}\mathrm{b}\dot{\mathrm{H}}^{x}$, $\dot{\mathrm{P}}\mathrm{b}\overset{.....}{\mathrm{N}}\mathrm{Aq}$ ist demnach die Theilung folgende $\mathrm{Pb}+\mathrm{O}$, $\mathrm{Pb}+\mathrm{O}\dot{\mathrm{H}}^{x}$, $\mathrm{Pb}+\mathrm{N}\mathrm{O}^{6}\mathrm{Aq}$ oder $\dot{\mathrm{P}}\mathrm{b}\dot{\mathrm{H}}^{x}+\overset{.....}{\mathrm{N}}\mathrm{Aq}$ u. s. w.

Die Formel (17) erscheint demnach in folgender Form:

$$(R,\ Q)-(R',\ Q)=(R)-(R') \quad \ldots \quad (20).$$

Die Differenz auf der linken Seite der Gleichung ist

der Formel (6) zufolge ein Ausdruck für die Wärmetönung, welche entsteht, wenn die Verbindung $R'Q$ durch R zersetzt wird, indem R' aus seiner Verbindung durch R ausgetrieben wird. Diese Wärmetönung ist constant, so lange R und R' dieselben Körper sind, aber stets unabhängig vom negativen Glied Q der Verbindung. Lesen wir nun die Formel (20), in der R und R' zwei Basen, Q eine Säure bezeichnet, so haben wir den von Andrews[1]) schon längst auf experimentellem Wege gefundenen Satz: *die Wärmeentwicklung, welche entsteht, wenn eine Basis die andere aus neutralen Verbindungen scheidet, ist stets dieselbe und unabhängig von der Säure, wenn nur die Basen dieselben sind.*

Ferner: es seyen R und R' zwei Metalle, Q der negative Theil der neutralen Verbindung; mit dieser Substitution liest sich die Formel (20) folgendermafsen: *Wenn ein Metall ein anderes aus neutralen Lösungen scheidet, so ist die Wärmeentwicklung stets dieselbe und unabhängig vom Lösungsmittel, wenn nur die Metalle dieselben sind.* Dieses ist ein zweiter von Andrews[2]) aufgestellter Satz, welcher gleichfalls auf experimentellem Wege gefunden ist.

Diese beiden Sätze sind ganz von einander abhängig; sobald der eine wahr ist, ist es auch der andere, indem der eine sich auf allgemeinere Weise vom anderen ableiten läfst. Wir wollen annehmen, es sey der letzte Satz gefunden und man wolle den ersten daraus ableiten. Die Gröfse Q enthält dann die Säure, ein Atom Sauerstoff und Wasser oder $Q = OQ'\text{Aq}$; addiren wir nun

$$(O,\ Q'\text{Aq}) - (O,\ Q'\text{Aq}) = 0$$

zur Formel (20)

$$(R,\ OQ'\text{Aq}) - (R',\ OQ'\text{Aq}) = C$$

erhalten wir

$$(R,\ O,\ \text{Aq},\ Q'\text{Aq}) - (R',\ O,\ \text{Aq},\ Q'\text{Aq}) = C.$$

Subtrahiren wir demnach

$$(R,\ O,\ \text{Aq}) - (R',\ O,\ \text{Aq}) = D.$$

1) Pogg. Ann. Bd. LXVI. S. 31.

2) Pogg. Ann. Bd. LXXVIII. S. 73.

So erhalten wir als Resultat

$$(\dot{R}\text{Aq}, Q'\text{Aq}) - (\dot{R}'\text{Aq}, Q'\text{Aq}) = C - D.$$

Da nun D eine constante Gröfse ist, nämlich unabhängig von Q, und C gleichfalls zufolge der Formel (20) so ist auch die Differenz $C-D$ constant, oder wir haben den ersten Satz aus dem zweiten abgeleitet.

§. 11.

Die Formel (17) verlangt zufolge der aufgestellten Hypothese ein gleiches *negatives* Glied der zwei zu vergleichenden Verbindungen; wir wollen jetzt Verbindungen vergleichen in denen das *positive* Glied dasselbe ist, z. B. RQ und RQ', deren th. dyn. Aeq. r und r' sey. Der Formel (18) zufolge ist dann

$$(R, Q) - (R, Q') = (Q) - (Q') + r - r' \quad . \; . \; . \; (21).$$

In dieser Formel ist R das variable Glied, in welchem verschiedene Körper auftreten können, ohne dafs das th. dyn. Aeq. der Verbindung verändert wird. Die rechte Seite der Gleichung ist unabhängig von R, also constant.

Die linke Seite der Gleichung ist aber ein Ausdruck für die Wärmetönung bei der Zersetzung der Verbindung RQ' durch Q, indem das Q' durch Q ausgetrieben wird. Bezeichnet also R die Basis, Q und Q' Säuren, von welchen die eine die andere austreibt, so wird folgender Satz erhalten: *Wenn eine Säure eine andere aus neutralen Verbindungen scheidet, so ist die Wärmetönung stets dieselbe und unabhängig von den Basen, wenn nur die Säuren dieselben sind.*

Ferner: Wenn R ein Metall, Q und Q' die negativen Glieder z. B. Chlor, Brom, Jod etc. bezeichnen, so erhalten wir einen von Favre und Silbermann [1]) aufgestellten Satz: *Die Wärmeentwicklung, welche die Bildung einer in Wasser gelösten Chlorverbindung begleitet, ist stets um ein Bestimmtes gröfser als die bei der Bildung einer entsprechenden Jod- oder Bromverbindung entwickelte Wärme.*

1) *Compt. rend. T. XXVIII. p.* 632.

§. 12.

Wenn zwei Körper, RQ und $R'Q'$, sich gegenseitig zu RQ' und $R'Q$ zersetzen, so ist die Wärmetönung der Formel (7) zufolge:

$$W = (R, Q') + (R', Q) - (R, Q) - (R', Q')$$

Ist nun die Verbindung RQ mit $R'Q$, und RQ' mit $R'Q'$ isodynam, erhalten wir nach (20)

$$(R, Q) - (R', Q) = R, Q') - (R', Q')$$

also $$W = 0.$$

Oder in Worten: *Wenn zwei Verbindungen sich zu zwei anderen, mit den ersteren paarweise isodyname Verbindungen zersetzen, — und dieses ist der Fall, wenn zwei neutrale Salze sich in wässerigen Lösungen zersetzen — so findet keine Wärmetönung statt, unter der Bedingung, dafs alle Verbindungen in Wasser löslich sind und gelöst bleiben.*

Wenn z. B. salpetersaurer Kali schwefelsaures Ammoniak zersetzen kann, so tritt bei diesem Prozefs keine Wärmetönung ein. Dieses Verhalten hat Hefs [1]) schon längst auf experimentellem Wege gefunden und *Thermoneutralität* genannt.

Es ist eine Bedingung der sogenannten Thermoneutralität, dafs die Verbindungen alle gelöst bleiben; — man hat also gewöhnlich kein Mittel sich über den Vorgang der Zersetzung zu überzeugen — anders ist es aber, wenn sich ein *Niederschlag* bildet. *In diesem Falle tritt eine Wärmetönung ein, und sie ist numerisch gleich aber entgegengesetzt der latenten Lösungswärme der Verbindung.* Es sey $R'_{,}Q'$ die sich ausscheidende Verbindung; ihre Bildungswärme ist dann $^{-}(R'_{,}Q')$ oder nach der Formel (11), indem wir $Q' = Q''$ Aq setzen:

$$^{-}(R', Q') = (R', Q''\text{Aq}) - (R'Q'', \text{Aq})$$

setzten wir diesen Ausdruck in die Formel des §. 12, so erhalten wir

$$W = -(R'Q'', \text{Aq}).$$

Durch doppelte Zersetzungen können wir also die latente Lösungswärme der in Wasser unlöslichen Salze etc. bestimmen.

1) Pogg. Ann. Bd. LII. S. 107.

In seinem »Bericht über die Wärme etc.« [1]) sagt Andrews: »Wenn Lösungen zweier Neutralsalze gemischt werden, und durch ihre gegenseitige Zerlegung ein Niederschlag entsteht, so findet eine Entwickelung von Wärme statt, welche in ihrem Betrage, wenn auch nicht bedeutend, doch vollkommen bestimmt ist. Diese rührt aber ganz und gar nicht von den Bestandtheilen der Niederschläge her, indem diese ihren flüssigen Zustand in den festen umwandeln, weil sie für denselben Niederschlag nicht immer dieselbe ist, sondern sie ist hauptsächlich abhängig von der latenten Wärme des Niederschlages. Wenn der letztere Krystallisationswasser enthält, so ist die entwickelte Wärme gröfser, als wenn ein wasserfreier Niederschlag gebildet wird«. Nach diesem Satze sollte die Wärmeentwickelung bei der doppelten Zersetzung von der latenten Wärme des Niederschlages, nicht von seiner Zusammensetzung abhängig seyn. Ich glaube, es ist dieses ein Irrthum, und ich werde später im Abschnitte über die latente Lösungswärme näher zeigen, in welchem Verhältnisse diese zur chemischen Zusammensetzung steht. Hier genügt es darauf aufmerksam zu machen, wie unnatürlich es ist, annehmen zu wollen: es bilde sich ein, in seiner Zusammenstellung verschiedener, Niederschlag, wenn man salpetersauren Baryt mit schwefelsaurem Kali, Natron, Magnesia oder Zinkoxyd niederschlägt.

Indem ich diese Abtheilung schliefse, mufs ich darauf hindeuten, dafs, obgleich die hier gewonnenen allgemeinen Resultate mit denen, welche auf experimentellem Wege gefunden sind, übereinstimmen, diese doch nicht hinlänglich genau die Formeln befriedigen, wenn man die durch die speciellen Versuche gewonnenen Zahlen betrachtet. Es ist dieses eine Folge der Ungenauigkeit der Versuche, und ich werde in meiner nächsten Abhandlung über die Neutralisation genauere Versuche anführen können.

(Fortsetzung folgt.)

1) Erdmann's Journal 2. Reihe. Bd. L. S. 483.

III. *Ueber die Farben, welche trübe Medien im auffallenden und durchfallenden Lichte zeigen; von E. Brücke.*

(Aus den Sitzungsberichten d. K. Acad. zu Wien, 1852, Juli; vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Trübe Medien erscheinen, im auffallenden Lichte und vor einem dunkeln Hintergrunde betrachtet, blau, im durchfallenden Lichte gelb oder roth. Die ersten Beobachtungen in Rücksicht auf diese Thatsache rühren von Leonardo da Vinci her, der sie in seinem *Trattato della pittura* benutzt, um die Farben des Himmels und der Landschaft zu erklären. Es ist bekannt, dafs Göthe sie in das Truggewebe seiner Farbenlehre verflocht, indem er sie, wie er sich selbst ausdrückt, als ein Urphänomen auffafste, und dadurch in den Köpfen Vieler eine beträchtliche Verwirrung hervorbrachte. Indessen verdanken wir ihm die ausgedehntere empirische Begründung des oben ausgesprochenen Satzes durch eine Sammlung von Beispielen [1]), welche, der gewöhnlichen Anschauung entnommen, dem Laien wie dem Physiker zugänglich sind, und seine Farbenlehre, namentlich bei den Malern, zu Ehren gebracht haben, da diese täglich Gelegenheit finden, sich von der Richtigkeit der Göthe'schen Angaben zu überzeugen und, nicht gewöhnt an methodische Forschung, leicht geneigt sind, Schlüsse ohne Weiteres für richtig zu halten, wenn sie die Beobachtungen bestätigt finden, auf welche sich dieselben stützen. Bei meinen Untersuchungen über den Farbenwechsel des Chamäleons fand ich, wie gewisse Farben dieses Thieres dadurch entstehen, dafs ein helles Pigment, welches als trübes Medium wirkt, über ein dunkles gelagert wird. Es erinnerte mich diefs wiederum daran, dafs, so viel auch Göthe's Farbenlehre besprochen worden ist, man doch niemals eine allgemeine und dabei dem gegenwärtigen Zustande unserer optischen Kenntnisse homogene

1) Göthe's Farbenlehre. Didactischer Theil. X. §. 145—172.

Erklärung von den von ihm und von Leonardo da Vinci in Rücksicht auf die trüben Mittel beobachteten Thatsachen gegeben hat.

Da mir eine zoophysiologische Abhandlung über das Chamäleon nicht der geeignete Ort schien, um auf diesen rein physikalischen Gegenstand näher einzugehen, so habe ich mir vorbehalten in einer andern Klassensitzung wieder auf denselben zurückzukommen, um ihn in seinen einzelnen Punkten zu erörtern.

Es drängt sich uns zunächst die Frage auf: Was sind trübe Medien? Trübe Medien sind Gemenge zweier oder mehrerer Medien von verschiedenem Brechungsvermögen, bei welchen die einzelnen Partikeln der eingemengten Substanzen so klein sind, dafs sie nicht als solche in die Augen fallen, sondern nur dadurch wahrgenommen werden, dafs sie die Durchsichtigkeit des Ganzen schwächen, sowohl indem ein Theil des Lichtes an ihren Gränzflächen reflectirt, als auch weil das durchgehende Licht durch die Brechung theilweise zerstreut wird. Trüb und undurchsichtig sind deshalb nur relative Bezeichnungen für die Eigenschaften der Medien; denn jedes trübe Medium kann undurchsichtig und selbst undurchscheinend genannt werden, sobald man davon eine so dicke Schicht in Betracht zieht, dafs kein Licht mehr hindurchgelassen wird. Wir stellen uns für unsere Untersuchungen zunächst die einzelnen Medien des Gemenges als farblos durchsichtig vor, damit dasselbe keine eigene Farbe habe, das heifst keine solche, die davon herrührt, dafs eines der zusammensetzenden Medien als solches auf Licht von verschiedener Wellenlänge eine verschiedene Absorption ausübt.

Ein solches an sich farbloses trübes Medium erscheint nun vor einem dunkeln Grunde im auffallenden Lichte betrachtet blau oder bläulich grau, im durchfallenden Lichte bräunlich, gelb, orange oder roth. Das heifst in die Sprache der Undulationstheorie übersetzt: Das Medium reflectirt vorherrschend Licht von kurzer Schwingungsdauer, und

läfst vorherrschend Licht von langer Schwingungsdauer hindurch.

Dafs diefs im Allgemeinen bei trüben Medien der Fall seyn müsse, ergiebt sich aus der Natur derselben und aus den Formeln für die Intensität des reflectirten und des gebrochenen Strahles. Bezeichnet man mit A_i das Maximum der Ausweichung eines Aethermoleculs im einfallenden und mit A_r das Maximum der Ausweichung eines Aethermoleculs im zurückgeworfenen Strahle, mit i und ϱ den Einfalls- und den Brechungswinkel und mit Z_i das Azimut der Polarisationsebene des einfallenden Strahles, so hat man für die Intensität des reflectirten Strahles bekanntlich

$$A_r^2 = \left\{ \frac{\sin^2(i-\varrho)}{\sin^2(i+\varrho)} \cos^2 Z_i + \frac{\mathrm{tg}^2(i-\varrho)}{\mathrm{tg}^2(i+\varrho)} \sin Z_i^2 \right\} A_i^2.$$

Da man jeden Strahl gemeinen Lichtes für unsere Zwecke als zusammengesetzt betrachten kann aus zwei Strahlen von der halben Intensität, welche senkrecht auf einander polarisirt sind, so hat man, falls das einfallende Licht nicht polarisirt ist, für die Intensität des zurückgeworfenen

$$A_r^2 = \tfrac{1}{2} A_i^2 \left\{ \frac{\sin^2(i-\varrho)}{\sin^2(i+\varrho)} + \frac{\mathrm{tg}^2(i-\varrho)}{\mathrm{tg}^2(i+\varrho)} \right\}.$$

Indem nun $i-\varrho$ immer kleiner als 90° ist, und man für jeden gegebenen Werth von $i+\varrho$ einen um so gröfseren Werth für $i-\varrho$ erhält, je stärker der Strahl gebrochen wird, so ist es klar, dafs die brechbareren Strahlen unter allen Umständen stärker zurückgeworfen werden müssen, als die minder brechbaren, so lange nicht totale Reflection für alle eingetreten ist. Bei jeder Reflection also von gemischtem Lichte, bei welcher noch ein gebrochener Strahl existirt, tritt eine chromatische Zerlegung in der Weise ein, dafs der gebrochene Strahl relativ mehr Licht von langer, der zurückgeworfene mehr Licht von kurzer Schwingungsdauer enthält als der einfallende. Bei einer einmaligen Reflection ist dieser Unterschied so gering, dafs er in der Regel gar nicht beachtet wird; er

entgeht indessen dem Auge des Malers nicht, der sehr wohl weifs, dafs er seine Spiegelungen immer in einem etwas blaueren Tone halten mufs, als die Objecte, von denen das gespiegelte Licht ausgeht. Denken wir uns aber, dafs der ersten Reflection eine zweite, dritte, vierte u. s. w. folge, so wird die Intensität des zurückgeworfenen Strahles immer mehr abnehmen, aber auch seine Farbe sich immer mehr von der des ursprünglichen entfernen, indem die Strahlen von kurzer Schwingungsdauer in ihm immer mehr das Uebergewicht erlangen.

In den trüben Medien nun, in denen die Lichtreflexion an einer grofsen Menge von kleinen durchsichtigen Körpern vor sich geht, reflectirt jeder einzelne offenbar nicht nur das Licht, welches primär auf ihn fällt, sondern auch das, welches ihm von den benachbarten zugeworfen wird, und in den so entstehenden vielfachen Reflexionen finde ich den ersten Grund, weshalb an sich farblose trübe Medien uns im auffallenden Lichte allgemein mehr bläulich als im durchfallenden erscheinen. Wenn man aber verschiedene trübe Medien untersucht, so wird man bald finden, dafs der Unterschied zwischen der Farbe des auffallenden und der des durchfallenden Lichtes bei ihnen einen sehr verschiedenen Grad hat. Er ist z. B. sehr gering bei einer Trübung durch oxalsauren Kalk, schon gröfser bei einer Trübung durch schwefelsauren Baryt, aber im höchsten Grade auffallend bei einer Trübung, die man durch Zusatz von Ammoniak zu der Lösung eines Thonerdesalzes hervorgebracht hat. Diese erscheint im durchfallenden Lichte gelb, in dickeren Schichten orange und roth, während eine dünne Schicht vor einem dunkeln Grunde eine schöne matt lasurblaue Farbe zeigt.

Untersucht man nun diese Trübungen unter dem Mikroskope, so zeigt sich der oxalsaure Kalk als ein grobkörniger krystallinischer Niederschlag; der schwefelsaure Baryt ist schon feinkörniger, am allerfeinsten aber das Thonerdehydrat, welches nur theilweise körnige Massen darstellt, während andere Stellen wie bräunliche Schleier

unter dem Mikroskope erscheinen, welche keine Vergröfserung mehr aufzulösen vermag. In ähnlicher Weise findet man auch bei anderen trüben Medien, dafs die Dimensionen der trübenden Elemente einen wesentlichen Einflufs auf die Lebhaftigkeit der besagten Farbenerscheinungen haben.

Es läfst sich diefs dahin erklären, dafs je kleiner die Theilchen werden und je näher sie deshalb an einander rücken müssen, um einen gewissen Grad der Trübung hervorzubringen, um so zahlreicher und wirksamer auch die vielfachen Reflexionen und Brechungen werden, von denen die Steigerung der Farben abhängt. Andererseits aber ist es klar, dafs wenn die trübenden Theilchen einen gewissen Grad der Kleinheit erlangen, sie zu Interferenzfarben Veranlassung geben müssen, die sich freilich mit einander zu Weifs vermischen werden, wenn kleine Theilchen von allen verschiedenen Gröfsen nach gewissen Gesetzen mit einander gemengt sind, aber auch irgend eine andere Farbe geben können, wenn vorherrschend Theilchen von einer bestimmten Gröfse vorhanden sind. In der That läfst es sich nachweisen, dafs gerade in solchen trüben Medien, welche die in Rede stehenden Farben in sehr auffallender Weise zeigen, die trübenden Theilchen so klein sind, dafs sie zu Interferenz-Erscheinungen Veranlassung geben müssen.

Bekanntlich war schon Newton der Meinung, dafs das Blau des Himmels ein Blau erster Ordnung sey, welches durch Reflexion an sehr kleinen Wassertheilchen in derselben Weise entstehe, wie das Blau erster Ordnung im Farbenglase durch Reflexion an einer sehr dünnen Luftschicht.

Diese Ansicht des grofsen Mannes, welche vielfältig angefochten war, hat in neuester Zeit einen ausgezeichneten Vertheidiger an Dr. Clausius (Pogg. Ann. d. Physik u. Chemie Bd. LXXVI, S. 188) gefunden, der aber zugleich nachweist, dafs Newton im Irrthume gewesen ist, wenn er die Farben der Wolken für Farben höherer Ordnung hielt, welche als solche durch Reflexion an gröfseren Was-

sertheilchen hervorgebracht würden, indem die Wolken das Licht nur in der Farbe zurücksenden, in der es auf sie gefallen ist. Es läfst sich gegen die Ansicht Newton's, so wie gegen Clausius' Vertheidigung derselben, ein auf den ersten Anblick sehr schlagender Einwand erheben, nämlich der, dafs das sogenannte Blau erster Ordnung, wie ich im Jahre 1848 in einem Aufsatze in Pogg. Annalen (Bd. LXXIV, S. 582) gezeigt habe, nur ein schwachbläuliches Grau ist, welches am meisten mit der Farbe der Herschel'schen sogenannten lavendelgrauen Strahlen übereinstimmt, und mit dem Blau des Himmels, welches, wenn es schön und tief ist, vielmehr dem Blau der zweiten Ordnung gleicht, keinerlei Aehnlichkeit hat. Dennoch glaube ich, dafs Newton's Ansicht die richtige ist, und dafs sich der so eben erhobene Einwand durch folgende Betrachtung beseitigen läfst.

Das Grau erster Ordnung nimmt im Farbenglase eine sehr bedeutende Breite ein, indem es an dem Punkte beginnt, an welchem die Herschel'schen lavendelgrauen Strahlen zuerst aus dem Dunkel auftauchen und sich bis zu dem Abstande fortsetzt, bei welchem das Blau seine gröfste Intensität erreicht hat. Hier nimmt es, sehr hell werdend, einen schwachen Stich ins Grüne an und geht gleich darauf ins Gelb über, indem jetzt die Intensität des Grün und Gelb ins Maximum tritt, während die des violetten Endes des Spectrums schon wieder geschwächt ist. Betrachten wir nun einmal eine bestimmte Zone unseres Grau, z. B. diejenige, bei welcher für eine gegebene Incidenz der Gangunterschied der beiden reflectirten Strahlen des blauen Lichtes eine ganze Wellenlänge beträgt; dann werden Strahlen von allen Wellenlängen reflectirt werden, aber die Intensitätsverluste werden nach den Wellenlängen verschieden und der des Blau am geringsten seyn. Denken wir uns, dafs das so entstandene graue Licht ein zweites, drittes, viertes etc. Mal unter derselhen Incidenz an Schichten von derselben Dicke und Substanz reflectirt werde, so ist es klar, dafs unter der Voraussetzung, dafs das Azimut der Pola-

Polarisationsebene immer dasselbe ist, für die einzelnen Farben der Quotient der Intensität des einfallenden Strahles, dividirt durch die Intensität des zurückgeworfenen Strahles, bei allen Reflexionen ein und derselbe seyn wird.

Nennen wir also die Intensitäten der Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett

$$J_1;\ J_2;\ \ldots\ J_6$$

und ihre Intensitäten nach der ersten Reflexion

$$J_1\,Q_1;\ J_2\,Q_2\ \ldots\ J_6\,Q_6$$

so ist es klar, dafs sich ihre Intensitäten nach der n^{ten} Reflexion unter einander verhalten, wie sich unter einander verhalten

$$J_1\,Q_1^n;\ J_2\,Q_2^n\ \ldots\ J_6\,Q_6^n$$

und da alle Q echte Brüche sind, und der gröfste unter ihnen Q_5, so wird bei jeder neuen Reflexion die Farbe des zurückgeworfenen Lichtes mehr in Blau übergehen.

Wenn also in einem trüben Medium die trübenden Theile, von denen der eine dem andern das von ihm reflectirte Licht zuwirft, einen Durchmesser gleich dem vierten Theile einer Wellenlänge des blauen Lichtes haben, so läfst sich wohl einsehen, wie dadurch zwar kein reines Blau, welches auch am Himmel nie wahrgenommen wird, wohl aber eine viel blauere Farbe entstehen kann, als das sogenannte Blau der ersten Ordnung, welches durch Reflexion an einer Schicht von der besagten Dicke entsteht. Es ist hiezu aber auch nicht nöthig, dafs alle trübenden Elemente gerade von ein und derselben und der besagten Gröfse sind, sondern es ist hinreichend, dafs ihr Durchmesser im Allgemeinen kleiner sey als $\frac{1}{4}$ Wellenlänge des grünen Lichtes, weil dann durch die Schwächung der minder brechbaren Strahlen im weifsen Lichte dasselbe in Blau umgewandelt wird, wie ja auch das schöne Blau zweiter Ordnung nicht darin seinen Grund hat, dafs an dieser Stelle des Ringsystems nur blaues Licht reflectirt würde, sondern lediglich darin, dafs sich an dieser Stelle Roth, Orange, Gelb und Gelbgrün im Allgemeinen in dunkeln oder minder lichtstarken, Blaugrün, Blau und Violett da-

gegen in helleren Phasen befinden. Je mehr gröfsere Elemente sich unter den trübenden befinden, um so weniger schön und gesättigt, d. h. um so mehr mit Weifs oder Grau gemischt, wird das Blau seyn, indem dadurch um so mehr gelbes und rothes Licht zurückgeworfen wird.

Es kann endlich noch gefragt werden, ob der Fall vorkomme, dafs die trübenden Elemente in einem Medium hinreichend klein sind, damit nicht Blau sondern Violett als Farbe des auffallenden Lichtes zur Erscheinung komme. Ich habe denselben einmal beobachtet, und zwar an dem weifsen Pigmente der Haut des Chamäleons, welches in einer dünnen Schicht über einem schwarzen Grund gelagert, eine Farbe giebt, die mehr violett als blau ist, und unter den Aquarellfarben am meisten der sogenannten Neutraltinte (*teinte neutre*) entspricht.

Man kann in dem Blau, welches trübe Medien im auffallenden Lichte zeigen, sehr verschiedene Abstufungen unterscheiden, je nach der Dicke der Schicht, welche vor dem dunkeln Hintergrunde ausgebreitet ist. Am meisten gesättigt, aber auch am dunkelsten, am lichtärmsten, ist es so lange die Schicht dünn ist. Je dicker die Schicht wird, um so heller, aber auch um so blässer wird es, und geht am Ende in ein bläuliches Weifs über. Es hängt diefs zusammen mit der chromatischen Zerlegung, welche das Licht bei seinem Fortschreiten in dem trüben Medium erleidet. Wir haben angenommen, dafs die Substanzen, aus denen das trübe Medium gemengt ist, farblos durchsichtig seyn sollen, und mithin auch, dafs, wenn weifses Licht einfällt, das in dem Medium absorbirte, weifs sey, und durch die Absorption keine Aenderung der Farbe bedingt werde. Da nun von dem Eintritte des weifsen Lichtes an vorherrschend Strahlen von kurzer Schwingungsdauer reflectirt werden, so mufs das fortschreitende Licht an diesen verarmen. Das aus den tieferen Schichten reflectirte Licht wird also auch nicht mehr blau seyn können, sondern es wird weifs und endlich gelb werden, und so das Blau des aus den ersten Schichten reflectirten Lichtes neutralisiren,

um so mehr, da es auf seinem Rückwege noch trübende Elemente durchwandert. Deshalb erscheint uns der Himmel auf hohen Bergen dunkler blau als in der Ebene, und im Zenith blauer als am Horizont, wo seine Farbe am hohen Tage dem Weifs sehr nahe kommt. Man kann sich leicht überzeugen, dafs diefs mehr von der Dicke der Schicht des trüben Mediums abhängt, durch welche man hindurch sieht, als von einer verschiedenen Beschaffenheit der unteren Luftschicht, denn, wenn wir auf eine entferntere Bergkette sehen, welche an der uns zugewendeten Seite eben nicht von der Sonne beschienen wird, und deshalb einen dunkleren Hintergrund bildet, so erscheint sie uns blau, oder richtiger gesagt, die Luft zwischen uns und ihr erscheint uns blau, wie diefs schon Leonardo da Vinci deutlich auseinandersetzt [1]).

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der Farben des durchfallenden Lichtes über. Dr. Clausius ist der Meinung, dafs durch den Durchgang des Lichtes durch eines der reflectirenden Elemente der Atmosphäre, als welche er sehr dünne Dampfbläschen bezeichnet, Orange entstehe, diese Farbe aber wegen der sehr ungleichen Intensität der interferirenden Wellenzüge sehr schwach sey, erst bei dem Durchgange durch viele Bläschen hervortrete und dann die Morgen- und Abendröthe, die er allgemein Orange nennt, als Complementarfarbe der Himmelsbläue hervorbringe. Es wird sich später ergeben, wie die Ansicht, dafs die Farbe der Morgen- und Abendröthe sich complementar zur Him-

1) *L'azzurro dell' aria nasce dalla grandezza del corpo dell' aria alluminata, interposta fra le tenebre superiori e la terra. L'aria per sè non ha qualità d'odori, o di sapori o di colori, ma in-sè-piglia le similitudini delle cose che dopo lei sono collocate, e tanto sarà di più bell' azzurro, quanto dietro ad essa saranno maggiori tenebre, non essendo essa di troppo spazio, nè di troppa grossezza d'umidità; e vedisi ne' monti che hanno più ombre esser più bell' azzurro nelle lunghe distanze, e così dove è più alluminato, mostrar più il color del monte che dell' azzurro appiccatogli dall' aria che infra lui e l'occhio s'interpone.* (*Trattato della pittura CLI.*)

melsbläue verhalte, eine Ansicht die Dr. Clausius mit vielen anderen ausgezeichneten Gelehrten theilt, auf einem Irrthume beruht.

Im Newton'schen Ringsysteme ist die erste Farbe erster Ordnung im durchfallenden Lichte braun, aber ihre Intensität ist gering, so dafs sie nur bei schwächerer Beleuchtung wahrgenommen wird, bei stärkerer völlig verschwindet. Auch trübe Medien können im durchfallenden Lichte Braun zeigen, welches dann mit zunehmender Dicke der Schicht rasch in Schwarz übergeht. Sie thun diefs aber auch nur bei schwächerer Beleuchtung, z. B. wenn man sie unter dem Mikroskope oder vor einem weifsen, matt beleuchteten Grunde betrachtet. Wird die Intensität des durchfallenden Lichtes gröfser, so verschwinden die helleren Tinten des Braun ganz, die mittleren gehen in falbes Gelb, die dunkleren in Orange über. Diefs geschieht dadurch, dafs das neutrale Grau, welches als in allem Braun enthaltend gedacht werden kann, durch die Verstärkung des Lichtes weifs wird. Bringt man also zwischen sich und eine möglichst weifse Flamme, oder zwischen sich und einen von der Sonne sehr hell beleuchteten weifsen Gegenstand, nach und nach immer dickere Schichten eines trüben Mediums, so ist die erste Farbe, welche man deutlich wahrnimmt, ein helles, aber in Rücksicht auf seinen Farbenton dem Orange schon nahe stehendes Gelb, dann folgt bei wachsender Dicke Orange und endlich Roth.

Um die Erklärung für diese Erscheinung zu finden, blicken wir auf die Deduction zurück, vermittelst welcher ich Seite 369 gezeigt habe, dafs durch vielfache Reflexion aus dem Grau erster Ordnung wirklich Blau entstehen könne. Behalten wir die dort gebrauchten Bezeichnungen bei, so ist es klar, dafs bei dem Fortrücken durch das trübe Medium eine Lichtsorte durch die aufeinander folgenden Reflexionen um so rascher geschwächt werden mufs, je gröfser für dieselbe Q ist. Diejenige, für welche Q am kleinsten ist, wird sich am längsten erhalten. Wir haben nun früher, behufs der Erklärung der blauen Farbe

des reflectirten Lichtes, angenommen, dafs Q je nach der Gröfse der einzelnen trübenden Partikeln am gröfsten seyn soll für die blauen und demnächst für die violetten und blaugrünen Strahlen, kleiner also für die gelbgrünen, gelben, orangefarbenen und rothen, und da unter diesen das Roth die gröfste Wellenlänge hat, so wird Q_1 für die grofse Mehrzahl der Reflexionen kleiner seyn als alle übrigen Q. Das Roth also wird sich am längsten erhalten und die gröfsten Dicken eines trüben Mediums durchwandern können, demnächst die orangefarbenen und demnächst die gelben Strahlen. Hierdurch erklärt sich leicht, wie, je nach der Menge der trübenden Elemente in der Atmosphäre, das schön-rothe oder orangefarbene Licht entsteht, mit welchem die auf- und untergehende Sonne die Landschaft, die Wolken und einen Theil des Himmelsgewölbes selbst färbt.

In Rücksicht auf das hier Gesagte kann nun noch die Frage aufgeworfen werden, ob denn auch eine Schicht trüben Mediums, wenn sie so dick geworden ist, dafs sie im durchfallenden Lichte roth erscheint, nun im auffallenden Lichte grün sey. Ich mufs diese Frage nach meinen Versuchen mit Nein beantworten. Bei solcher Dicke erscheinen trübe Medien im auffallenden Lichte immer bläulichweiss. Man bemerkt freilich am Morgen- und Abendhimmel oft entschieden grüne Tinten, aber nur sobald das Sehfeld mit rothem Lichte so erfüllt ist, dafs man Verdacht schöpfen mufs, das Grün sey nur subjectiv, wenn man die Täuschungen kennt, welchen man in dieser Hinsicht ausgesetzt ist [1]).

So viele verschiedene trübe Medien ich mir auch dargestellt habe, so ist es mir doch niemals gelungen, ein solches zu finden, das während es im durchfallenden Lichte roth war, im reflectirten grün gewesen wäre; sie waren alle bläulichweifs wie ein Milchglas. Um diese Thatsache zu erklären, müssen wir uns fragen, welche Art von Grün

1) Vergl. E. Brücke über die subjectiven Complementarfarben. Denkschriften, Bd. III. — Poggendorff's Annalen Bd. LXXXIV. S. 418.

wir denn nach der Farbe des durchfallenden Lichtes zu erwarten hätten, d. h. wir müssen fragen, welche Farbe ist die Complementarfarbe vom Roth des durchfallenden Lichtes. Dieses Roth ist ein zusammengesetztes, welches in Rücksicht auf seinen Farbenton zwischen dem Orange und dem äufsersten Roth des Spectrums steht und sich diesem um so mehr nähert, je dicker die Schicht wird. Ein solches Roth läfst sich mittelst des Polarisationsapparates nicht in hinreichender Schönheit darstellen, um sein Complement direct aufzusuchen; dagegen zeigt aber das dritte System der Newton'schen Ringe im auffallenden Lichte ein schönes Gras- oder Papageigrün, dessen durch den Polarisationsapparat bestimmtes Complement [1]) sich nicht als unser Roth und auch nicht als das reine Roth des Spectrums erweist, sondern als ein sich dem Purpur näherndes Roth, das am meisten mit der Farbe der Rosen zu vergleichen ist, eine Farbe die im Spectrum gar nicht vorhanden, sondern die man erst erhält, wenn man die äufsersten Enden zweier Spectra über einander fallen läfst. Hieraus geht also hervor, dafs das Complement unseres Roth nicht Gras- oder Papageigrün, sogenanntes eigentliches Grün, seyn kann, sondern dafs es entschieden ein Blaugrün seyn mufs [2]).

Die zweite Frage wird die seyn, nach dem Sättigungsgrade des Grün, welches wir zu erwarten haben. Wenn sich uns irgend eine Farbe darbietet, so können wir dieselbe allgemein als aus zwei Complementarfarben zusammengesetzt betrachten [3]), von denen ich die, welche im

1) Vergl. meine oben citirte Abhandlung über die Newton'schen Farbenringe in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie.

2) Die Versuche von Helmholz (Ueber die Theorie der zusammengesetzten Farben. Berlin 1852: auch d. Ann. Bd. 87, S. 45), weisen auch für das reine Roth des Spectrums Blaugrün und nicht eigentliches Grün als Complementarfarbe nach.

3) Man mufs wohl unterscheiden zwischen einer Complementarfarbe und dem Complement einer Farbe. Zwei Felder können mit Complementarfarben gefärbt seyn, ohne dafs sie deshalb mit einander Weifs oder ein neutrales Grau geben; da sich der Ausdruck Complementarfarbe nur auf den Ton der Farbe, aber weder auf ihre Lichtintensität noch auf *ihren Sättigungsgrad* bezieht. Sage ich dagegen, die eine Farbe sey das

Ueberschusse vorhanden ist, die tonangebende nennen will, weil sie den Ton der ganzen Farbe bestimmt, d. h. den Ort, welchen man ihr, der natürlichen Verwandtschaft nach, im Farbenkreise anweisen würde, oder in einem Spectrum, welches man sich so zusammengebogen denkt, dafs rothes und violettes Ende über einander greifen und die fehlenden Zwischenstufen zwischen Roth und Violett ergänzt werden. Es ist diefs stets eine Farbe, welche selbst kein Weifs oder Grau enthält, welche aber, mit einer gröfsern oder geringeren Menge von Weifs oder neutralem Grau gemischt, die zu untersuchende Farbe giebt.

Bezeichnet man die Lichtintensität dieser tonangebenden Farbe selbst mit α, die der Complementarfarbe mit β, so drückt die Formel

$$\frac{\alpha-\beta}{\alpha+\beta}$$

den Sättigungsgrad oder die Intensität der Farbe als solche aus, welche nicht zu verwechseln ist mit ihrer Lichtintensität, die vielmehr durch $\alpha+\beta$ gemessen wird. Ist $\alpha=\beta$, so ist die Intensität der Farbe als solcher gleich 0, d. h. sie ist weifs oder bei schwächerer Lichtintensität neutral grau; ist dagegen $\beta=0$, so ist die Intensität der Farbe als solcher $=1$, d. h. so grofs als sie werden kann.

Mit dieser Formel stimmt also der Sprachgebrauch der practischen Chromatik in sofern überein, als dieselbe für diejenigen Farben, welche man absolut gesättigte, ganze oder volle Farben nennt, den Werth 1 giebt, für diejenigen aber, welche man gebrochene Farben nennt, einen ächten Bruch. Man kann auch mittelst dieser Formel, sobald die tonangebende Farbe bekannt ist, den Ort einer Farbe in einem dem Doppler'schen Farbenoctanten [1]) analogen

Complement der Anderen, so verstehe ich darunter, dafs sie einander so das Gleichgewicht halten, dafs sie im Sehfelde übereinanderfallend Weifs oder neutrales Grau geben.

1) Versuch einer systematischen Classification der Farben. Abhandlungen der k. bömischen Gesellschaft der Wissenschaften Vol. 5, besonders abgedruckt und in Commission bei Borrosch und André Prag 1848.

Schema bestimmen, wenn man diesem einen Kugelausschnitt substituirt, den man erhält, wenn man einen Radius so bewegt, dafs sein peripherisches Ende an der Kugeloberfläche einen Kreis von 57° 17′ 45″ Halbmesser beschreibt. In der Mitte des Kreises auf der Kugel stehe Weifs, auf der Peripherie desselben seyen Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett und zwischen ihnen ihre Mischungsfarben aufgetragen. An der Spitze des Kugelausschnittes endlich stehe Schwarz, so dafs seine Axe die Linie des neutralen Grau ist. Uebrigens sey Alles wie beim Doppler'schen Farbenoctanten. Dann wird man, um den Ort der Farbe in diesem Schema zu bestimmen, diejenige Farbe in ihr, welche ich die tonangebende genannt habe, auf der Peripherie des Kreises auf der Kugel aufsuchen, und durch sie und die Axe des Kugelausschnittes eine Ebene legen, in der dann jedenfalls die zu bestimmende Farbe liegt und zwar auf derselben Seite der Axe mit der tonangebenden. Bezeichnet man dann mit $\alpha+\beta$ den geradlinigen Abstand der Farbe vom Kugelcentrum, d. h. der Spitze des Kugelausschnittes, so ist, wie leicht einzusehen, $\alpha-\beta$ die Länge des Kreisbogens, durch welchen der Abstand der Farbe von der Axe des Kugelausschnittes gemessen wird und somit ihr Ort bestimmt. Ist also $\alpha=\beta$, so fällt die Farbe in die Linie des neutralen Grau; ist $\beta=0$, so fällt, da für 57° 17′ 45″ der Bogen näherungsweise gleich dem Radius ist, die Farbe in den Mantel des Kugelausschnittes, auf dem die vollen Farben in ihren verschiedenen Lichtintensitäten aufgetragen sind.

Denken wir uns nun eine Quantität weifsen Lichtes aus rothem und grünem zusammengesetzt und in zwei ungleiche Theile zerlegt, in welchen die rothen und grünen Strahlen einander nicht mehr das Gleichgewicht halten, so wird der eine Theil roth erscheinen, der andere in dem complementaren Grün; aber die Intensität der Färbung kann in beiden Theilen sehr verschieden seyn. Seyen α_0 und α_1 die Lichtintensitäten der rothen, und

β_0 und β_1 die der grünen Strahlen in beiden Theilen, so ist die Intensität der Färbung für den einen Theil

$$f_0 = \frac{\alpha_0 - \beta_0}{\alpha_0 + \beta_0}$$

für den andern

$$f_1 = \frac{\beta_1 - \alpha_1}{\beta_1 + \alpha_1}$$

und da

$$\alpha_0 + \alpha_1 = \beta_0 + \beta_1,$$

und mithin

$$\alpha_0 - \beta_0 = \beta_1 - \alpha_1$$

ist, so kann f_0 sehr grofs und f_1 sehr klein seyn, wenn $\alpha_0 + \beta_0$ sehr klein, und $\alpha_1 + \beta_1$ sehr grofs ist.

Hiervon bietet unter anderm die Newton'sche Farbenscala sehr schöne Beispiele. Die Farben, welche im auffallenden Lichte zunächst auf das Blaugrau erster Ordnung folgen, sind bekanntlich so blafs, dafs sie Newton mit einander für weifs erklärte; stellt man sie aber mittelst einer dünnen Lamelle einer doppelbrechenden Substanz unter dem Polarisationsmikroskope dar, und dreht das eine Nicol'sche Prisme um 90°, so dafs ihre Complemente erscheinen, so erkennt man diese als beträchtlich intensive Farben. Sucht man dagegen das schöne und gesättigte Violett der zweiten Ordnung des auffallenden Lichtes auf, und dreht dann das eine Prisma wieder um 90°, so findet man, dafs das Complement ein zwar deutlich erkennbares, aber doch keineswegs sehr gesättigtes, sondern vielmehr sehr blasses Gelb ist. Die Verschiedenheit in dem chromatischen Effecte beider Complemente kann um so bedeutender seyn, je gröfser die Intensität des zerfällten weifsen Lichtes ist; denn um so gröfser kann der Unterschied in der Lichtintensität jener Complemente werden, ohne dafs dadurch die des einen so geschwächt würde, dafs es nicht mehr seine volle chromatische Wirkung ausüben könnte; während andererseits das hellere Complement, wenn sich seine Lichtstärke über einen gewissen für verschiedene

Augen verschiedenen Grad steigert, wiederum durch Ueberreizung und Abstumpfung der Sehnerven-Elemente an chromatischer Wirkung verliert.

Es wird leicht seyn, das bisher Gesagte auf die Farben trüber Medien anzuwenden. So lange das Blau des auffallenden Lichtes noch dunkel ist, ist der Sättigungsgrad der Farbe des durchfallenden Lichtes bei einiger Intensität des einfallenden noch gering, ja bei großer die Farbe noch gar nicht bemerkbar. Je dicker aber die Schicht wird, um so blässer wird das Blau, und um so gesättigter wird die Farbe des durchfallenden Lichtes, so daſs wir jedenfalls bei einer so dicken Schicht, daſs das durchfallende Licht nicht mehr orange, sondern roth ist, für das zurückgeworfene nur noch eine sehr schwache Färbung erwarten können. Eine solche ist auch vorhanden, aber sie ist nicht, wie man erwarten sollte, blaugrün, sondern blau; es fehlt uns also eine kleine Menge gelben Lichtes, von welcher wir bis jetzt nicht wissen, wo sie geblieben ist. Ich glaube indessen, daſs man auch über diese Rechenschaft geben kann.

Wir haben angenommen, daſs die einzelnen Substanzen, deren Gemenge das trübe Medium bildet, farblos durchsichtig sind, und daraus bisher geschlossen, daſs alle Strahlen durch die Absorption in demselben gleichviel an Intensität verlieren. Letzteres ist aber offenbar nur der Fall, wenn sie alle einen gleich langen Weg durch das trübe Medium zurücklegen. Denkt man sich nun eine unendlich dicke Schicht eines trüben Mediums, in welche weiſses Licht eindringt, so werden sich die Strahlen von groſser Wellenlänge nach dem bisher auseinander gesetzten länger in demselben erhalten und tiefer eindringen, als die Strahlen von kleiner Wellenlänge, sie werden also auch ehe sie endlich vollständig verbraucht sind, mehr durch Absorption verloren haben. Das hier reflectirte Licht kann also nicht ganz weiſs seyn, sondern da in ihm auch bei unendlicher Dicke der trüben Schicht die Strahlen von kurzer Wellenlänge noch vorherrschen, wird es immer ein wenig bläulich seyn, welche Farbe besonders bei mäſsiger Intensität des

einfallenden Lichtes wahrnehmbar ist. So wird z. B. ein noch so dickes Stück weifsen Milchglases sich immer durch seinen etwas bläulichen Ton von dem schon in dünnen Schichten undurchsichtigen weifsen Glase unterscheiden, aus welchem die sogenannten Kreideperlen verfertigt werden. Hat nun die Schicht des trüben Mediums eine solche Dicke, dafs sie das Licht mit rother Farbe hindurchfallen läfst, so erleidet eine gröfsere Menge der rothen und der ihnen zunächst liegenden orangenfarbenen Strahlen einen geringeren Absorptionsverlust, da sie ihren Weg nicht durch das trübe Medium zurücknehmen. Nunmehr ist es also das gelbe Licht, welches den gröfsten Absorptionsverlust erleidet; wir müssen also, wenn wir das reflectirte und durchfallende Licht zusammen addiren, Weifs weniger einer geringen Menge Gelb erhalten, das heifst ein blasses Violett, die sogenannte Lillafarbe, und diese erhalten wir auch in der That, wenn wir uns das durchfallende Roth zu dem bläulichen Weifs hinzu addirt denken.

Hiermit glaube ich die Farben der trüben Medien unter der Voraussetzung hinreichend erklärt zu haben, dafs alle in die Zusammensetzung desselben eingehenden Substanzen farblos durchsichtig sind. Ist das getrübte Medium blau, wie diefs z. B. beim Wasser der Fall ist, so mufs von der Complementarfarbe natürlich relativ mehr verloren gehen und diefs die Farben entsprechend verändern; ist das Medium gelb, so wird die Farbe des auffallenden Lichtes nicht blau, sondern grün seyn, wie diefs z. B. an denjenigen Hautstellen des Chamäleons der Fall ist, an welchen das oberflächliche helle Pigment nicht weifs, sondern gelb ist u. s. w.

Die Anwendung von dem, was hier im Allgemeinen von den trüben Medien gesagt ist, auf die Farbenerscheinungen der Atmosphäre, ist so einfach, dafs ich kaum nöthig habe darauf zurückzukommen. Es wird einleuchtend seyn, weshalb die Farbe der Morgen- und Abendröthe nicht das Complement der Himmelsbläue ist, sondern viel mehr Roth enthält als dieses, sowie dafs die purpurfarbenen und vio-

letten Tinten durch Vermischung des blauen reflectirten mit dem rothen durchfallenden Lichte entstehen [1]). Es wird einleuchtend seyn, dafs wir keine Ursache haben das Sonnenlicht an und für sich für gelb zu halten, sondern dafs die gelbe Färbung von der Atmosphäre herrührt, und dafs uns dieselbe, wenn die Sonne hoch am Himmel steht, deshalb so wenig intensiv erscheint, weil im Vergleiche zu der ganzen ungeheuern Lichtmenge der relative Verlust an kurzwelligen Strahlen nur wenig in Betracht kommt (Vergl. S. 365). Es wird ferner klar seyn, dafs uns der Mond hoch am Himmel stehend weifser erscheint als am Horizont, weil zwischen uns und ihm, im ersteren Falle eine dünnere Schicht des trüben Mediums ist als im letzteren, und dafs er uns am hellen Tage besonders weifs erscheinen mufs, weil das von der zwischen uns und ihm befindlichen Atmosphäre reflectirte blaue Licht seine gelbe Färbung compensirt.

Da ich mich aber einmal unterfangen habe, mein Fach so weit zu verlassen, dafs ich von den Farbenerscheinungen der Atmosphäre rede, so will ich es auch noch wagen, einige Worte über die Frage hinzuzufügen, ob sich aus den Farbenerscheinungen der Atmosphäre bis jetzt ein Schlufs auf das Material und die Gestalt der trübenden

1) Helmholtz hat in seiner oben citirten Abhandlung über die Theorie der zusammengesetzten Farben gezeigt, dafs Gummi-Gutti oder Chromgelb oder Bergblau oder Ultramarin auf dem Farbenkreisel neutrales Grau erzeugen, wenn man die einzelnen Sectoren aufstreicht, während ihre Mischung, wie bekannt, grün ist, und dafs in Uebereinstimmung damit das Gelb des Spectrums mit dem tiefen Blau, welches Newton mit dem Namen Indigo belegte, weifs giebt, also diesem complementar ist. Hiermit stimmen die Angaben des Polariskops völlig überein, indem auch dieses als Complement des tiefen Blau wie es der Himmel auf Bergen häufig, in der Ebene nur bei vorzüglich durchsichtiger Luft zeigt, ein schönes Hochgelb nachweist. Das Complement des wahren Orange, der Farbe der Frucht von *Citrus Aurantium*, ist ein Blau, welches nahe an der Gränze des Grün steht, während andererseits das Complement des Violett ein Gelb ist, welches wiederum hart an der Gränze des Grün steht, ja dieselbe überschreitet, und mit dem Uebergange des Violett in Purpur in entschiedenes Grün übergeht.

Bestandtheile machen lasse. Dr. Clausius hat in einer eigenen Abhandlung [1]) nachzuweisen gesucht, dafs die lichtreflectirenden Elemente der Atmosphäre, nothwendig Wasserbläschen seyn müssen. Der Gang der Beweisführung ist folgender: Es wird zunächst darauf hingewiesen, wie unwahrscheinlich es sey, dafs die lichtreflectirenden Theile kleine *undurchsichtige* Körper seyen, und dann die Lichtzerstreuung berechnet, welche kleine *durchsichtige* aber nicht hohle Massen, z. B. kleine Wasserkugeln durch ihre Brechung in der Atmosphäre hervorbringen müfsten, wenn sie in solcher Menge vorhanden wären, dafs durch sie die beträchtliche Lichtreflexion derselben bedingt seyn könnte. Es zeigt sich nun, dafs diese so grofs seyn würde, dafs wir, statt der scharfbegränzten Sonnenscheibe einen grofsen hellen Raum sehen müfsten, welcher sich vom Zenith mit allmälich abnehmender Helle bis über 60° herabstrecken würde. Es wird ferner gezeigt, dafs selbst wenn man den lichtreflectirenden Massen einen viel geringeren Brechungsindex zuschreiben wollte, als der des Wassers ist, ja wenn man annehmen wollte, dafs die Lichtreflexion immer da vor sich gehe, wo ein Sauerstoff- und ein Stickstofftheilchen an einander gränzen, doch die durch die gleichzeitige Brechung nothwendig verursachte Lichtzerstreuung sich immer als so grofs ergiebt, dafs dergleichen Annahmen sich in ihren Consequenzen als vollkommen unverträglich mit der täglichen Erfahrung herausstellen. Es bleibt deshalb nichts anderes übrig als anzunehmen, dafs die Körper, welche das Licht reflectiren, Bläschen seyen, da in solchen die Wasserschicht vermöge des Parallelismus ihrer äufsern und innern Begränzung, ihre reflectirende Wirkung äufsern kann, ohne übrigens den Lichtstrahl bleibend von seiner ursprünglichen Richtung abzulenken.

Ich kann einen Einwand gegen diesen Beweis nicht unterdrücken, der mir von Belang scheint, nämlich den, dafs Dr. Clausius in der Art, wie er die Zerstreuung von der

1) Ueber die Natur derjenigen Bestandtheile der Erdatmosphäre, durch welche die Lichtreflexion in denselben bewirkt wird. Bd. LXXVI. S. 161.

bei Anwendung stärkerer Vergröfserungen noch vermehrt. Untersucht man dagegen die durch Eintragen einer verdünnten Mastixlösung in Wasser bereitete trübe Flüssigkeit, so findet man in derselben, wenn sie gut bereitet war, mit den verschiedensten Vergröfserungen nur einzelne Mastixkügelchen, woraus klar hervorgeht, dafs dieselben der grofsen Mehrzahl nach kleiner sind, als dafs sie selbst mit den stärksten Vergröfserungen entdeckt werden könnten.

Aufser der Kleinheit der trübenden Elemente mufs aber auch ihre gleichmäfsige Vertheilung sehr wesentlich in Betracht gezogen werden. So haben wir oben gesehen, dafs das Thonerdehydrat mit zu den feinsten Niederschlägen gehört, und dafs durch dasselbe getrübte Flüssigkeiten, die bewufsten Farbenerscheinungen sehr schön zeigen; aber immer zerstreuen sie das durchfallende Licht unverhältnifsmäfsig stark, da es nie gelingt die Trübung gleichmäfsig zu vertheilen, sondern sich immer Kugeln und unregelmäfsige Ballen bilden, die von einer Schicht des Niederschlages wie von einer Haut umschlossen sind, wovon man sich theils mit blofsen Augen, theils mittels der Lupe und des Mikroskopes hinreichend überzeugen kann.

Die beschriebenen Thatsachen sprechen, wie ich glaube, klar und deutlich aus, dafs man aus den optischen Eigenschaften der Atmosphäre in Rücksicht auf die Theilchen, von welchen die Himmelsbläue und die Morgen- und Abendröthe herrühren, vor der Hand keinen anderen Schlufs machen könne, als dafs sie sehr klein und im Allgemeinen mit einer gewissen Gleichförmigkeit in der Atmosphäre vertheilt sind, wenn auch die oberen Schichten davon viel weniger als die unteren enthalten.

Wenn es mir einerseits leid thut, einer Beweisführung nicht beistimmen zu können, welche uns versprach, einen wichtigen Gegenstand, über den man bisher nur Vermuthungen hegen konnte, allem Zweifel zu entrücken, so kann ich andererseits meine lebhafte Freude darüber nicht verhehlen, dafs ich die Ansichten zweier der gröfsten Geister, die über unsere Erde gegangen sind, mit einander und mit der Wahrheit

heit übereinstimmend gefunden habe, während man früher bald der einen, bald der anderen ausschliesslich anhing, oder die Richtigkeit beider bezweifelte.

Leonardo da Vinci, dem keine physikalische Theorie des Lichtes zu Gebote stand, that Alles, was er in seinem Zeitalter thun konnte, indem er die Himmelsbläue davon ableitete, dafs sich zwischen uns und dem dunkeln Weltraume ein trübes, an sich farbloses Medium befinde. Newton, im Besitze des Schatzes optischer Kenntnisse, welche er theils vorfand, theils selbst erworben hatte, konnte einen grofsen Schritt weiter thun und sagen, dafs die Farben der Atmosphäre auf dieselbe Weise entstehen, wie die Farben des nach ihm benannten Ringsystems, und als solche durch die trübenden Elemente der Atmosphäre hervorgebracht werden: aber der Undulationstheorie mufste es überlassen bleiben, die Erklärung in Rücksicht auf die einzelnen Farbenerscheinungen vollständig zu begründen.

IV. *Ueber die Wiedervereinigung der Strahlen des Spectrums zu gleichförmigen Farben; von Hrn. Léon Foucault.*

(Aus dem Cosmos des Hrn. Moigno, 1853, T. II. p. 232.)

Seit mehren Jahren bin ich im Besitz einer experimentellen Methode, welche erlaubt, beliebige Strahlen des Spectrums zu gleichförmigen Farben zusammenzusetzen. Da diese Methode mir sehr geeignet scheint, die kürzlich von Hrn. Helmholtz veröffentlichten interessanten Resultate zu bestätigen, so halte ich es für nützlich, sie kennen zu lehren, auch dabei zu bemerken, dafs sie im Jahre 1849 von Hrn. Pouillet in seinen physikalischen Vorlesungen auf der Sorbonne öffentlich aus einander gesetzt und vorgezeigt worden ist.

Als Lichtquelle nimmt man ein lineares Bild der Sonne,

gebildet durch eine cylindrische Linse *C* von kurzer Brennweite (Taf. IV. Fig. 1). Die Strahlen gehen divergirend zu einer als Collimator dienende Linse *L* und fallen von da parallel auf ein Prisma *P* von sehr weifsem und sehr reinem Flintglase. *D* ist ein in der Bahn des gebrochenen Lichtbündels angebrachtes Diaphragma, dessen Oeffnung nur einen Theil der Oberfläche des Prismas sehen läfst. Dann kommt ein grofses achromatisches Objectiv *O*, in dem Abstande *OD*, der gröfser ist als die Brennweite desselben. Die dispergirten Strahlen, die auf dieses Objectiv fallen, können betrachtet werden als herstammend von einem in unendlichen Abstand vor dem Prisma liegenden virtuellen Bilde des Spectrums, und demgemäfs geben sie im Hauptbrennpunkte des Objectivs ein reelles sehr scharfes Spectrum *vr*. Allein beim Durchgang durch das Diaphragma ist das Lichtbündel noch ganz weifs, denn dieses Diaphragma fängt diefs- und jenseits die dispergirten Portionen auf, so dafs in einem Abstande *OI*, gleich dem des conjugirten Brennpunkts *D*, sich ein gleichfalls weifses Bild, von der Oeffnung des Diaphragmas bildet und zwar durch Recomposition derselben Strahlen, die in einem geringeren Abstande sich zu einem Spectrum anordnen.

Da das Spectrum *vr* in grofser Schärfe erhalten werden kann, so ist man im Stande, es durch Schirme zu begränzen oder durch Spalten von verschiedener Breite und Länge beliebige Strahlen hindurchzulassen, welche sich dann auf dem vom Schirme *I* aufgefangenen Bilde zu gleichförmigen Farben (*teintes plates*) zusammensetzen.

Um ein vollständiges Spectrum zu erlangen, um die natürlichen Intensitätsverhältnisse der dasselbe zusammensetzenden Strahlen nicht zu stören, so wie auch um sie zu wirklich gleichförmigen Farben zu vereinigen, sind vor allem zwei Vorsichtsmafsregeln zu treffen. Zuvörderst mufs das Objectiv so grofs seyn, dafs es die Gesammtheit der durch das Diaphragma gehenden dispergirten Strahlen aufnimmt; und dann mufs das Diaphragma so eng seyn, dafs es nur den mittleren, wegen der Nähe des Prismas noch nicht zerlegten Theil des Lichtbündels durchläfst.

Der eben beschriebene Versuch gestattet, alle erdenkbaren Farben hervorzubringen, und scheint mir geeignet, Alles zu prüfen, was man bisher über die Combination der Farben gesagt hat; denn er gewährt ein einfaches Mittel, alle einfachen und durch ihre Lage im Spectrum be-

simmten Strahlenarten in beliebigen Verhältnissen mit einander zu combiniren, mit eben der Strenge und Leichtigkeit wie durch Mengung von Farbstoffen.

V. *Ueber einige barometrische Beobachtungen und die Folgerungen zu denen sie veranlassen; von A. Erman.*

(Schlufs von S. 289.)

Von den nun folgenden zwei Zahlen-Tafeln giebt die erste für jede momentane Station die Höhe Z des in ihrer Verticale gelegenen Hülfspunktes und die Werthe der Barometerstände h und H und der Temperatur t und T, von denen der je erste an jener Station beobachtet, die zweiten aber für den Hülfspunkt aus den Beobachtungen an den permanenten Stationen berechnet sind.

Die zweite Tafel liefert in den ersten 15 Spalten das Mittel um respective aus der Temperatur T und dem Barometerstande H, die der Rechnung zu Grunde gelegten Temperaturen $t' t'' \ldots$ und Logarithmen der Barometerstände $\gamma' \gamma'' \ldots$, an den einzelnen permanenten Stationen abzuleiten und zeigt in den übrigen Spalten: 1) um wie viel ein jeder dieser letzteren denjenigen Werth übertraf, den die angenommene Lage der Niveauflächen für denselben Punkt voraussetzt und 2) die Coëfficienten B und C aus denen diese Lage erkannt wird. Eine jede dieser zwei letzten Angaben ist wiederum doppelt vorhanden, nämlich so wie man sie ohne die Göttinger Beobachtungen und nach Hinzunahme derselben erhält.

Um die Ableitung der beobachteten Zahlen aus diesen Tafeln noch näher zu zeigen, wähle ich als Beispiel die Beobachtung No. 24. Es ist für diese nach *Tafel* I:

$$T = 16^{\circ},94 = \frac{[t']}{6} + [p't'].$$

Aus *Tafel* 2 erhält man nun:

$t^{I} - \frac{[t']}{6} - [p't'] = +2^{\circ},07$ und daher $t^{I} = 19^{\circ},01$ für *Magdeburg*

$t^{II} - \frac{[t']}{6} - [p't'] = +2,27$ » » $t^{II} = 19,21$ » *Halle*

$t^{III} - \frac{[t']}{6} - [p't'] = +0,26$ » » $t^{III} = 17,20$ » *Halberstadt*

$t^{IV} - \frac{[t']}{6} - [p't'] = 0,00$ » » $t^{IV} = 16,94$ » *Ilsenburg*

$t^{V} - \frac{[t']}{6} - [p't] = -1,94$ » » $t^{V} = 15,00$ » *Clausthal*

$t^{VI} - \frac{[t']}{6} - [p't] = +0,46$ » » $t^{VI} = 17,40$ » *Göttingen.*

Man hat ferner $\log H = 2,51454 = \frac{[g']}{6} + [p'\mu']$, $Z = 768,0$ nach Tafel 1, in Tafel 2:

		$Z - c^{(n)}$.	$T + t^{(n)}$.	Log. des Barometerstandes.	
$g^{I} - \frac{[g']}{6} - [p'\mu'] = -61$ u. daher	$g^{I} = 2,51393$	$+586,50$	$35^{\circ},95$	$\gamma^{I} = 2,52343$	für *Magdeburg*
$g^{II} - \frac{[g']}{6} - [p'\mu'] = +57$ » »	$g^{II} = 2,51511$	$+467,04$	$36,15$	$\gamma^{II} = 2,52268$	» *Halle*
$g^{III} - \frac{[g']}{6} - [p'\mu'] = +6$ » »	$g^{III} = 2,51460$	$+353,05$	$34,14$	$\gamma^{III} = 2,51038$	» *Halberstadt*
$g^{IV} - \frac{[g']}{6} - [p'\mu'] = -12$ » »	$g^{IV} = 2,51442$	$+59,00$	$33,88$	$\gamma^{IV} = 2,51538$	» *Ilsenburg*
$g^{V} - \frac{[g']}{6} - [p'\mu'] = +9$ » »	$g^{V} = 2,51463$	$-956,90$	$31,94$	$\gamma^{V} = 2,49900$	» *Clausthal*
$g^{VI} - \frac{[g']}{6} - [p'\mu'] = +19$ » »	$g^{VI} = 2,51473$	$+303,16$	$34,34$	$\gamma^{VI} = 2,51967$	» *Göttingen.*

Die Reduction der $g^{(m)}$ auf $\gamma^{(m)}$ mufs, so wie die bei der Rechnung gebrauchte umgekehrte, durch den Ausdruck: $\gamma^{(m)} - g^{(m)} = \frac{1}{A} . \log (Z - c^{(m)})$ geschehen, indem unter A derjenige von $T + t^{(m)}$, von der Polhöhe der betreffenden Station und von Z abhängige Werth des sogenannten hypsometrischen Coëfficienten verstanden ist, der, nach den zuverlässigsten Bestimmungen, in atmosphärischer Luft stattfindet, welche die *Hälfte der zu ihrer Sättigung gehörigen* Menge von Wasserdämpfen enthält. Die eben diesen Grundlagen entsprechenden Werthe, die unter anderen aus den Gauss'schen hypsometrischen Tafeln zu entnehmen sind, habe ich natürlich auch bei der früher erwähnten Ableitung von $u = z - Z$ aus $t + T$, h und H angewendet.

T a

Nummer der Beobachtung.	Berliner mittlere Zeit der Beobachtung. 1851.				Bezeichnung der momentanen Station.
1	Aug.	15.	5ᵘ	16′	*Halberstadt.* 60 Par. Fufs über den Schienen am Bahnhof
2	»	15.	11	25	*Wernigerode.* 2. Stock des Gasthofs: Deutsches Haus
3	»	15.	11	33	daselbst
4	»	15.	17	45	daselbst
5	»	15.	18	40	daselbst
6	»	15.	20	0	daselbst
7	»	16.	0	30	daselbst
8	»	15.	22	15	*Wernigeroder Schlossberg.* Höchster Punkt des Erdbodens
9	»	16.	1	27	Flufs *Holzemme.* 4,5 Par. F. üb. d. Sommerwasser b. der zweiten Brücke von Wernigerode nach Ilsenburg
10	»	16.	3	46	An der *Kalkhütte* im *Klosterholz* bei *Drübeck*
11	»	16.	6	31	*Ilsenburg.* 47 Par. F. über dem Hüttenteich
12	»	16.	8	9	daselbst
13	»	16.	19	0	daselbst
14	»	16.	10	51	*Ilsenburg.* 5 Par. F. über dem Hüttenteich
15	»	16.	17	45	daselbst
16	»	16.	22	15	Gränze der Grauwacke und des bunten Sandsteins auf dem Wege zum *Ilsenstein*
17	»	16.	23	0	*Ilsenstein.* 5 Par. F. unter dem Fufs des Kreuzes
18	»	17.	0	0	7 Par. F. über dem Flufs *Ilse*; oberhalb Ilsenburg an der Brücke
19	»	17.	1	45	Letzte höhere Roth-Tannen, auf dem Wege über Buchhorst zum Brockenhause
20	»	17.	5	0	Im *Brockenhause.* 2,5 Par. Fufs über dem Erdboden
21	»	17.	0	22	daselbst

fel I.

Horizontal-Coordinaten. für die momentane Station x erste Rechn. zweite Rechn.	y	Luft-temp t	Logar. Barometerstand. $\log h$.	Logar. Barometerstand. für d. Punkt in d. Verticale d. moment. Stat. $\log H$ erste Rechnung zweite Rechnung	Luft-temp. T	Höhe über d. Meere Z	Höhe der moment. Station über Z u erste Rechnung zweite Rechnung	üb. dem Meere z
+ 1,02	— 1,85	19°,25	2,52039	2,51402	18°,14	788,2	— 393,0	395,2
+ 1,91	+ 0,59			2,51675	18 ,76	614,2	— 225,6	389,2
+ 0,16	— 4,46	12 ,85	2,51474	2,50953	12 ,63	1102,5	— 313,7	788,8
+ 1,05	— 2,02			2,51571	13 ,17	719,9	+ 58,3	778,2
		12 ,85	2,51482	2,50954	12 ,57		— 318,0	784,5
				2,51579	13 ,11		+ 53,3	778,2
		11 ,40	2,51534	2,51012	11 ,46		— 312,3	790,2
				2,51641	12 ,11		+ 64,0	783,9
		12 ,80	2,51586	2,51018	11 ,65		— 338,1	764,4
				2,51655	12 ,30		+ 41,4	761,3
		15 ,40	2,51609	2,51038	12 ,61		— 345,8	756,7
				2,51673	13 ,31		+ 31,7	751,6
		17 ,50	2,51610	2,51076	16 ,56		— 328,0	774,5
				2,51697	18 ,13		+ 53,4	773,3
+ 0,14	— 4,35	16 ,00	2,51161	2,51083	14 ,77	1092,4	— 47,8	1044,6
+ 1,03	— 1,91			2,51700	15 ,77	716,0	+ 328,9	1044,9
+ 0,16	— 4,51	18 ,15	2,51706	2,51070	16 ,99	1107,7	— 391,6	716,1
+ 1,05	— 2,07			2,51693	18 ,62	721,9	— 8,2	713,7
+ 0,38	— 5,20	17 ,60	2,51183	2,50983	17 ,01	1166,0	— 123,2	1042,8
+ 1,27	— 2,76			2,51633	18 ,66	755,6	+ 277,5	1033,1
— 0,10	— 4,34	16 ,33	2,51749	2,51084	15 ,67	1091,0	— 406,2	684,8
+ 1,16	— 2,56			2,51629	16 ,66	757,3	— 73,5	683,8
		15 ,10	2,51723	2,51088	14 ,11		— 376,6	714,4
				2,51625	15 ,15		— 59,6	697,7
		13 ,25	2,51678	2,51023	12 ,75		— 394,5	697,5
				2,51564	13 ,23		— 68,7	688,6
— 0,08	— 4,31	13 ,10	2,51805	2,51079	13 ,31	1086,8	— 442,2	644,1
+ 1,18	— 2,53			2,51620	13 ,19	756,2	— 111,3	644,9
		12 ,40	2,51793	2,51035	12 ,31		— 455,3	631,5
				2,51573	12 ,60		— 132,0	624,2
— 0,17	— 4,33	16 ,20	2,51520	2,51009	16 ,17	1093,4	— 312,6	780,8
+ 1,09	— 2,55			2,51549	17 ,56	756,2	+ 18,0	774,2
— 0,28	— 4,42	17 ,00	1,50571	2,50962	16 ,95	1119,2	+ 239,8	1359,0
+ 0,98	— 2,64			2,51535	18 ,19	760,9	+ 593,4	1354,3
— 0,43	— 4,61	16 ,80	2,50710	2,50939	17 ,39	1135,3	+ 140,5	1275,8
+ 0,83	— 2,83			2,51519	18 ,87	765,2	+ 498,6	1263,8
— 0,40	— 4,88	12 ,90	2,48373	2,50870	18 ,13	1159,9	+ 1521,9	2681,8
+ 0,86	— 3,80			2,51478	19 ,46	777,4	+ 1898,7	2676,1
— 1,06	— 4,82	11 ,49	2,46997	2,50799	17 ,31	1191,0	+ 2305,4	3496,4
+ 0,20	— 3,04			2,51472	18 ,50	768,0	+ 2721,6	3489,6
		11 ,23	2,46982	2,50797	17 ,14		+ 2310,9	3501,9
				2,51465	18 ,22		+ 2722,8	3490,8

Nummer der Beobachtung.	Berliner mittlere Zeit der Beobachtung. 1851.	Bezeichnung der momentanen Station.
22	Aug. 17. 5ᵘ 50′	Im *Brockenhause*. 2,5 Par. Fuſs über dem Erdboden
23	» 17. 6 13	daselbst
24	» 17. 6 53	daselbst
25	» 17. 8 45	daselbst
26	» 17. 17 14	daselbst
27	» 17. 17 45	daselbst
28	» 17. 18 33	daselbst
29	» 17. 20 0	Obere Gränze von *Digitalis purpurea* auf dem Wege vom Brockenhause nach *Schierke*.
30	» 17. 21 53	6,5 Par. F. über dem *Bodeflufs* an dem *unteren* Ende von *Schierke*
31	» 17. 22 37	*Bodeflufs* an der Gränze des Granit und des Hornfels zwischen *Schierke* und *Rothehütte*
32	» 18. 1 0	Obere Gränze von *Sambucus racemosa*, an der *Elbinger* Chaussée, hinter *Rothehütte*
33	» 18. 4 45	*Rübeland*. 16 Par. F. über dem Aufschlagwasser der Hütten
34	» 18. 7 19	daselbst
35	» 18. 9 34	daselbst
36	» 18. 17 49	daselbst
37	» 18. 18 16	daselbst
38	» 18. 18 43	daselbst
39	» 18. 18 58	daselbst
40	» 18. 19 53	daselbst
41	» 18. 23 59	daselbst
42	» 19. 0 48	daselbst
43	» 19. 2 41	*Bodeflufs* an der Gränze des Kalkes und Schiefers unterhalb *Rübeland*

Horizontal-Coordinaten		Luft-temp.	Logar. Barometerstand	Logar. Barometerstand	Luft-temp.	Höhe über d. Meere	Höhe der moment. Stat.	
für die momentane Station				für d. Punkt in d. Verticale d. moment. Stat.			über Z	üb. dem Meere
x	y	t	$\log h$	$\log H$	T	Z	u	z
erste Rechn. zweite Rechn.				erste Rechnung zweite Rechnung			erste Rechnung. zweite Rechnung	
		10°,84	2,46993	2,50792	16°,76		+2296,5	3487,5
				2,51471	17 ,80		+2714,6	3482,6
		10 ,74	2,46956	2,50772	16 ,32		+2303,8	3494,8
				2,51460	17 ,30		+2726,5	3494,5
		11 ,09	2,46951	2,50772	16 ,00		+2307,6	3498,6
				2,51454	16 ,94		+2725,8	3493,8
		10 ,03	2,46982	2,50767	15 ,09		+2275,3	3466,3
				2,51445	15 ,68		+2686,9	3454,9
		8 ,01	2,46941	2,50734	12 ,23		+2253,9	3444,9
				2,51415	12 ,42		+2660,5	3428,5
		8 ,20	2,46923	2,50729	12 ,26		+2263,3	3454,3
				2,51413	12 ,43		+2670,9	3438,9
— 1,06	— 4,82	8 ,71	2,46915	2,50724	12 ,33	1191,0	+2267,7	3458,7
+ 0,20	— 3,04			2,51411	12 ,20	768,0	+2676,3	3444,3
— 1,35	— 4,80	9 ,99	2,48185	2,50703	12 ,53	1206,2	+1504,2	2710,4
— 0,09	— 3,02			2,51417	12 ,86	762,5	+1932,7	2695,2
— 1,61	— 4,34	11 ,53	2,49880	2,50747	12 ,82	1175,3	+ 519,8	1695,1
— 0,35	— 2,56			2,51443	13 ,73	739,5	+ 940,1	1679,6
— 1,82	— 4,19	12 ,33	2,50295	2,50741	12 ,84	1171,3	+ 268,0	1439,3
— 0,56	— 2,41			2,51451	13 ,83	730,2	+ 696,8	1427,0
— 1,80	— 3,55	14 ,00	2,50236	2,50815	12 ,91	1109,7	+ 349,4	1459,1
— 0,54	— 1,77			2,51477	14 ,29	702,5	+ 751,8	1454,3
— 1,71	— 2,75	14 ,00	2,50575	2,50960	13 ,22	1027,3	+ 234,8	1262,1
— 0,45	— 0,97			2,51530	14 ,26	668,3	+ 580,9	1249,2
		13 ,85	2,50567	2,50984	12 ,61		+ 251,4	1278,7
				2,51553	13 ,73		+ 596,3	1264,6
		12 ,85	2,50606	2,51000	11 ,98		+ 236,6	1263,9
				2,51566	12 ,83		+ 578,0	1246,3
		10 ,91	2,50621	2,51175	10 ,05		+ 329,7	1357,0
				2,51778	10 ,89		+ 690,2	1358,5
		10 ,65	2,50645	2,51186	10 ,05		+ 321,8	1349,1
				2,51794	10 ,93		+ 685,1	1353,4
		10 ,43	2,50759	2,51225	10 ,23		+ 277,1	1304,4
				2,51812	11 ,06		+ 627,8	1296,1
		10 ,37	2,50809	2,51235	10 ,26		+ 253,3	1280,6
				2.51822	11 ,13		+ 603,9	1272,2
		10 ,21	2,50851	2,51252	10 ,50		+ 238,5	1265,8
				2,51857	11 ,47		+ 600,0	1268,3
		12 ,85	2,51070	2,51435	11 ,89		+ 218,1	1245,4
				2,52036	13 ,57		+ 579,0	1247,3
		12 ,60	2,51107	2,51452	12 ,51		+ 207,3	1234,6
				2,52057	13 ,82		+ 573,0	1241,3
— 1,65	— 2,59	12 ,23	2,51216	2,51560	13 ,10	1008,6	+ 206,9	1215,5
— 0,39	— 0,81			2,52127	14 ,24	662,1	+ 549,0	1211,6

Nummer der Beobachtung.	Berliner mittlere Zeit der Beobachtung. 1851.				Bezeichnung der momentanen Station.
44	Aug.	19.	3ᵘ	52'	Höchster Punkt der Chaussée von *Hüttenrode* nach *Altenbrak*
45	»	19.	6	54	4 Par. F. über dem *Bodeflufs*, unter der Brücke in *Treseburg*
46	»	19.	8	29	19 Par. F. über der *Bode*, vor dem Wirthshaus in *Treseburg*
47	»	19.	16	34	daselbst
48	»	19.	17	58	daselbst
49	»	19.	18	18	daselbst
50	»	19.	20	8	Höchster Punkt der Wienroder Chaussée auf der linken Wand des *Bodethales*
51	»	19.	21	18	Wirthshaus unter der Rofstrappe, 1 Par. F. über dem Erdboden
52	»	19.	22	43	4 Par. F. über dem *Bodeflufs*, in der Stadt *Thale*
53	»	20.	1	23	*Gernrode*. 7 Par. F. über dem Pflaster vor dem Gasthof: Deutsches Haus
54	»	20.	1	35	daselbst
55	»	20.	2	53	daselbst
56	»	20.	5	11	4 Par. F. über dem *Selkeflufs*, zwischen dem Drahtzug und dem Stahlhammer
57	»	20.	18	53	*Stollberg*. 26 Par. F. über dem Strafsenpflaster des Marktes
58	»	20.	23	43	daselbst
59	»	20.	19	43	4 Par. F. über dem *Tyraflufs* in *Stollberg*
60	»	20.	21	30	*Auersberg*. Erdboden der höchsten Stelle
61	»	21.	5	58	*Ihlefeld*. 12 Par. F. über dem Strafsenpflaster vor dem Gasthof: Goldne Krone
62	»	21.	9	29	daselbst
63	»	21.	18	48	daselbst
64	»	21.	21	23	*Rothehütte*. 4 Par. F. über dem Erdboden an der Kirche
65	»	21.	22	58	*Hohegeis*. 1,5 Par. F. über dem Erdboden an der Kirche

Horizontal-Coordinaten		Luft-temp.	Logar. Barometerstand	Logar. Barometerstand	Luft-temp.	Höhe über d. Meere	Höhe der moment. Stat. über Z	üb. dem Meere
für die momentane Station				für d. Punkt in d. Verticale d. moment. Stat.				
x	y	t	log h	log H	T	Z	u	z
erste Rechn. zweite Rechn.				erste Rechnung zweite Rechnung			erste Rechnung zweite Rechnung	
— 1,45	— 2,07	12°,23	2,50689	2,51680	13°,28	947,0	+ 596,2	1543,2
— 0,19	— 0,29			2,52178	14 ,07	641,9	+ 897,8	1539,7
— 2,18	— 1,39	11 ,31	2,51856	2,51776	12 ,32	922,2	— 48,0	874,2
— 0,92	+ 0,39			2,52287	12 ,57	603,0	+ 258,5	861,5
— 2,22	— 1,40	10 ,30	2,51847	2,51815	11 ,28	925,5	— 19,2	906,3
— 0,96	+ 0,38			2,52316	11 ,31	607,5	+ 279,8	887,3
		2 ,84	2,51890	2,51867	8 ,03		— 13,4	912,1
				2,52383	7 ,52		+ 282,3	889,8
		3 ,27	2,51906	2,51850	8 ,06		— 32,6	892,9
				2,52375	7 ,83		+ 273,9	881,4
		3 ,30	2,51909	2,51846	8 ,09		— 36,7	888,8
				2,52369	7 ,95		+ 268,9	876,4
— 1,59	— 1,42	8 ,89	2,51178	2,51871	9 ,27	892,2	+ 409,7	1301,9
— 0,33	+ 0,36			2,52371	9 ,67	606,3	+ 707,4	1313,7
— 1,91	— 0,91	11 ,18	2,51157	2,51918	10 ,21	860,8	+ 453,4	1314,2
— 0,65	+ 0,87			2,52392	10 ,94	581,5	+ 738,5	1320,0
— 1,65	— 0,52	13 ,72	2,52498	2,51991	11 ,23	808,6	— 304,7	503,9
— 0,39	+ 1,26			2,52402	11 ,98	574,9	— 56,4	518,5
— 2,14	+ 0,18	15 ,03	2,52108	2,52021	14 ,65	768,4	— 53,0	715,4
— 0,88	+ 1,96			2,52428	15 ,54	534,8	+ 196,3	731,1
		15 ,03	2,52121	2,52017	14 ,76		— 63,3	705,1
				2,52421	15 ,57		+ 183,1	717,9
		14 ,16	2,52077	2,51999	15 ,08		— 47,4	721,0
				2,52402	15 ,85		+ 199,0	733,8
— 3,40	+ 0,09	13 ,50	2,51749	2,51830	14 ,08	847,4	+ 48,9	896,3
— 2,14	+ 1,87			2,52397	15 ,24	524,0	+ 393,1	917,1
— 4,44	— 1,67	9 ,77	2,51560	2,51336	9 ,20	1072,5	— 132,7	939,8
— 3,18	+ 0,14			2,52171	9 ,71	587,2	+ 362,6	949,8
		15 ,74	2,51550	2,51314	14 ,11		— 143,5	929,0
				2,52125	16 ,21		+ 351,4	938,6
— 4,35	— 1,61	10 ,30	2,51558	2,51320	9 ,81	1064,7	— 141,5	923,2
— 3,09	+ 0,17			2,52157	10 ,05	587,2	+ 357,0	944,2
— 4,35	— 0,94	13 ,28	2,50259	2,51421	11 ,51	999,9	+ 697,9	1697,8
— 3,09	+ 0,84			2,52179	12 ,89	559,7	+1157,3	1717,0
— 4,21	— 3,08	13 ,30	2,51584	2,51063	14 ,89	1198,8	— 315,5	883,3
— 2,95	— 1,30			2,51944	16 ,33	651,9	+ 218,3	870,2
		10 ,83	2,51572	2,51027	13 ,16		— 326,8	872,0
				2,51924	13 ,81		+ 208,6	860,5
		9 ,40	2,51570	2,50991	10 ,72		— 344,0	854,8
				2,51884	11 ,49		+ 187,1	839,0
— 3,33	— 3,62	14 ,40	2,50127	2,50960	13 ,35	1201,8	+ 503,8	1705,6
— 2,07	— 1,84			2,51823	14 ,91	678,4	+1029,8	1708,2
— 3,00	— 4,24	15 ,25	2,49717	2,50887	15 ,36	1244,1	+ 712,3	1956,4
— 1,74	— 2,46			2,51763	17 ,42	709,5	+1252,0	1961,5

Nummer der Beobachtung.	Berliner mittlere Zeit der Beobachtung. 1851.				Bezeichnung der momentanen Station.
66	Aug.	22.	1^{u}	52'	3 Par. F. über dem *Oderfluſs* unter der Brücke bei *Oderhaus*
67	»	22.	4	28	Bei *Andreasberg*. Höchster Punkt des Weges von *Oderhaus*
68	»	22.	5	44	*Andreasberg*. 20 Par. F. über dem Straſsenpflaster vor dem Rathhaus
69	»	22.	6	13	daselbst
70	»	22.	10	39	daselbst
71	»	22.	18	17	daselbst
72	»	22.	18	52	daselbst
73	»	23.	1	30	daselbst
74	»	23.	1	50	daselbst
75	»	22.	23	7	Zechenhaus der Grube *Samson* bei *Andreasberg*, 5 Par. F. über der Diele
76	»	23.	4	20	4 Par. Fuſs über dem *Rehbergergraben* an dem *Grabenhause*
77	»	23.	7	8	9 Par. F. über dem *Oderteich*
78	»	23.	19	40	daselbst
79	»	23.	21	15	Torftrockenhaus zwischen dem Oderteich und *Clausthal*
80	»	24.	1	18	*Clausthal* im magnetischen Observatorium
81	»	24.	4	59	3 Par. F. über der Schwelle der Windmühle von *Clausthal*
82	»	24.	6	26	4 Par. F. über dem *Weiſsenwasser* in *Schulenberg*
83	»	24.	7	33	3 Par. F. über dem *Weiſsenwasser* bei dessen Eintritt in den *Okerfluſs*
84	»	24.	10	33	17,5 Par. Fuſs über dem *Okerfluſs* in der Stadt *Oker*
85	»	24.	18	4	daselbst

Horizontal-Coordinaten für die momentane Station		Luft-temp.	Logar. Barometerstand.	Logar. Barometerstand für d. Punkt in d. Verticale d. moment. Stat.	Luft-temp.	Höhe über d. Meere	Höhe der moment. Stat. über Z	üb. dem Meere
x	y	t	log h	log H	T	Z	u	z
erste Rechn. zweite Rechn.				erste Rechnung zweite Rechnung			erste Rechnung zweite Rechnung	
— 2,54	— 4,96	18°,87	2,50726	2,50797	18°,09	1287,1	+ 43,8	1330,9
— 1,28	— 3,18			2,51662	20 ,07	746,5	+ 580,9	1327,4
— 2,50	— 5,59	15 ,92	2,49472	2,50656	17 ,68	1364,2	+ 725,8	2090,0
— 1,24	— 3,81			2,51593	19 ,48	775,5	+1306,1	2081,6
— 2,45	— 5,63	15 ,80	2,49884	2,50677	17 ,42	1346,4	+ 485,7	1832,1
— 1,19	— 3,85			2,51587	19 ,17	776,7	+1047,7	1824,3
		14 ,50	2,49884	2,50673	16 ,95		+ 481,3	1827,7
				2,51579	18 ,09		+1037,1	1813,7
		13 ,00	2,49889	2,50635	14 ,80		+ 451,2	1797,6
				2,51579	14 ,39		+1016,7	1793,3
		12 ,63	2,49860	2,50607	13 ,17		+ 449,7	1796,1
				2,51552	12 ,78		+1018,0	1794,6
		12 ,70	2,49848	2,50605	13 ,33		+ 455,9	1802,3
				2,51548	13 ,05		+1023,5	1800,1
		18 ,60	2,49830	2,50568	18 ,82		+ 456,4	1802,8
				2,51489	20 ,67		+1030,7	1807,3
		18 ,60	2,49819	2,50545	18 ,90		+ 450,1	1796,5
				2,51477	20 ,97		+1030,8	1807,4
— 2,39	— 5,57	16 ,90	2,49756	2,50597	16 ,65	1337,7	+ 515,5	1853,2
— 1,13	— 3,79			2,51507	18 ,58	778,6	+1078,5	1857,1
— 2,08	— 5,47	16 ,90	2,49238	2,50587	18 ,42	1310,7	+ 830,3	2141,0
— 0,82	— 4,69			2,51362	19 ,70	819,2	+1310,8	2130,0
— 1,58	— 5,47	13 ,28	2,49008	2,50628	17 ,62	1279,7	+ 987,0	2266,6
— 0,32	— 3,69			2,51260	18 ,44	877,7	+1374,9	2252,7
		11 ,79	2,49017	2,50676	13 ,28		+ 997,0	2276,7
				2,51304	14 ,37		+1378,4	2256,1
+ 0,07	— 4,93	12 ,11	2,48568	2,50239	13 ,42	1518,1	+1005,4	2523,5
— 0,34	— 4,49			2,51358	15 ,64	842,7	+1687,5	2530,2
+ 0,53	— 6,14	16 ,80	2,49908	2,50092	16 ,90	1604,3	+ 112,8	1717,1
+ 0,12	— 5,70			2,51232	18 ,30	908,2	+ 814,2	1722,4
+ 0,55	— 6,15	16 ,25	2,49716	2,50085	16 ,55	1598,7	+ 225,8	1824,5
+ 0,14	— 5,71			2,51222	17 ,37	909,7	+ 923,5	1833,2
+ 1,00	— 5,26	14 ,52	2,50411	2,50456	15 ,17	1272,3	+ 27,3	1399,6
+ 0,59	— 4,82			2,51242	15 ,93	908,8	+ 506,3	1415,1
+ 1,18	— 5,10	11 ,27	2,50877	2,50549	14 ,70	1310,2	— 197,5	1112,7
+ 0,77	— 4,66			2,51124	15 ,19	975,6	+ 148,8	1124,4
+ 2,09	— 4,89	11 ,35	2,51581	2,50893	13 ,55	1086,9	— 413,3	673,6
+ 1,68	— 4,45			2,51118	13 ,54	961,8	— 278,3	683,5
		11 ,09	2,51504	2,50893	11 ,12		— 373,3	713,6
				2,51102	11 ,12		— 240,1	721,7

Ta

Nummer der Beobachtung.	Zu den Lufttemperaturen, in Réaum. Graden. $t^{(n)} - \frac{[t]}{n}$ nach der zweiten Rechnung für die Orte						$[pt]$	Zu den Barome $\mu^{(n)} = g^{(n)}$ n. d. zweiten Rech		
	Magdeburg	Halle	Halberstadt	Ilsenburg	Clausthal	Göttingen		Magdeburg	Halle	Halberstadt
1	+ 1°,36	+ 1°,46	+ 0°,36		— 3°,89	+ 0°,71	— 0°,13	—97	+69	+12
2	— 0,08	+ 0,78	+ 0,89		— 2,02	+ 0,43	— 0,24	—66	+45	+10
3	— 0,03	+ 0,80	+ 0,90		— 2,01	+ 0,34	— 0,24	—69	+40	+ 5
4	+ 0,27	+ 0,82	— 0,13		— 1,63	+ 0,67	— 0,22	—33	+38	— 7
5	+ 0,22	+ 0,94	— 0,06		— 1,76	+ 0,66	— 0,26	—45	+38	—10
6	+ 0,48	+ 0,58	+ 0,58		— 2,12	+ 0,48	— 0,21	—57	+32	— 4
7	+ 1,73	— 0,82	+ 2,88		— 4,62	+ 0,83	+ 0,01	—82	+13	+25
8	+ 1,09	— 0,21	+ 1,99		— 3,41	+ 0,55	— 0,14	—77	+19	+ 9
9	+ 1,55	— 0,53	+ 2,83		— 4,87	+ 1,02	— 0,05	—87	+14	+21
10	+ 1,03	— 0,23	+ 2,78		— 4,72	+ 1,15	— 0,16	—85	+21	+25
11	+ 1,06	— 0,20	+ 1,65	— 0°,42	— 3,04	+ 0,95	— 0,09	—77	+30	+ 6
12	+ 0,72	+ 0,13	+ 1,23	— 0,17	— 2,22	+ 0,31	— 0,12	—57	+14	+ 4
13	+ 0,68	+ 0,18	+ 0,18	— 0,04	— 1,32	+ 0,32	— 0,09	—81	+29	—16
14	+ 0,35	+ 0,75	+ 1,05	— 0,41	— 0,65	— 1,09	— 0,26	—43	+42	—20
15	+ 0,88	+ 0,18	+ 0,02	+ 0,10	— 0,87	— 0,31	— 0,07	—77	+16	—21
16	+ 0,34	— 0,95	+ 3,47	— 0,58	— 4,24	+ 1,96	— 0,02	—65	+18	— 3
17	+ 0,54	— 0,71	+ 3,86	— 0,65	— 4,66	+ 1,62	— 0,07	—62	+22	+ 2
18	+ 0,74	— 0,40	+ 4,15	— 0,59	— 4,85	+ 0,95	— 0,18	—59	+28	+ 8
19	+ 1,20	+ 0,30	+ 3,50	— 0,55	— 4,60	+ 0,15	— 0,38	—43	+33	+11
20	+ 1,46	+ 1,16	+ 1,62	— 0,50	— 3,49	— 0,25	— 0,49	—51	+45	+10
21	+ 1,55	+ 1,33	+ 1,25	— 0,48	— 3,30	— 0,35	— 0,53	—52	+47	+10

fel II.

terständen, in Einheiten der 5ten Stelle ihrer Briggischen Logarithmen.

$-\frac{[g]}{n}$ … nung für d. Orte: Ilsenburg	Clausthal	Göttingen	$[p\mu]$	$f^{(n)}$ oder zurückbleib. Fehler in den Logarithmen der Barometerstände nach der ersten Rechnung nach der zweiten Rechnung, für die Orte: Magdebrg.	Halle	Halberst.	Ilsenburg	Clausthal	Göttingen	Zuwächse der Logar. d. Barometerst. für eine geogr. M. gegen Norden B (erste Rechnung / zweite Rechn.)	Osten C
				− 10	− 4	+24		−10		− 17,4	− 1,7
	+ 9	+ 7	− 26	− 31	+ 2	+36		+21	−28	− 13,3	+ 1,2
				− 7	− 3	+19		− 9		− 11,9	− 1,8
	+13	− 2	− 10	− 20	+ 5	+27		+22	−34	− 8,6	+ 0,6
				− 6	− 1	+20		−13		− 11,7	− 1,9
	+32	− 8	− 8	− 24	+ 6	+19		+34	−35	− 7,9	+ 0,1
				− 3	− 1	− 1		+ 5		− 7,4	+ 0,2
	+ 8	− 6	− 8	− 8	+ 5	+ 3		+16	−16	− 5,7	+ 1,0
				− 1	0	+ 4		− 3		− 8,8	+ 0,2
	+ 3	+ 14	− 9	− 2	0	+ 5		+ 8	−11	− 7,7	+ 0,4
				− 5	0	+13		− 8		− 9,1	− 0,9
	− 6	+ 35	− 8	− 4	+ 3	+13		− 7	− 5	− 8,6	− 0,9
				− 17	− 3	+41		−21		− 9,2	− 3,1
	− 6	+ 50	− 5	− 33	+ 5	+39		−15	+ 4	− 6,7	− 2,2
				− 10	− 3	+25		−12		− 8,2	− 1,7
	− 4	+ 57	− 6	− 20	− 7	+41		− 4	−10	− 9,8	− 2,1
				− 20	− 5	+38		−13		− 9,7	− 3,1
	+ 4	+ 47	− 5	− 21	− 2	+39		− 7	− 9	− 9,2	− 2,5
				− 20	− 6	+39		−13		− 10,5	− 3,3
	+ 3	+ 36	− 7	− 26	− 1	+43		− 3	−13	− 9,1	− 1,7
				− 13	− 3	+16	+28	−28		− 10,8	− 3,1
+28	− 1	+ 14	− 10	− 31	+ 2	+20	+35	− 3	−23	− 8,0	− 0,7
				− 5	− 1	+11	+ 1	− 6		− 6,4	− 0,2
+10	+ 8	+ 21	− 4	− 17	+ 1	+15	+14	+ 2	−15	− 5,9	− 1,3
				− 3	0	− 2	+13	− 8		− 10,8	− 4,5
+16	+22	+ 30	− 4	− 19	+ 5	+ 2	+23	+12	−23	− 9,6	− 1,9
				+ 2	0	− 7	+ 2	+ 3		− 7,8	− 1,6
− 8	+17	+ 12	− 9	− 7	+ 7	− 8	+ 1	+20	−13	− 7,3	+ 0,3
				0	− 1	− 7	+15	− 7		− 10,2	− 4,2
+14	+22	+ 46	− 4	− 10	+ 3	− 2	+17	+ 6	−14	− 9,2	− 2,9
				− 7	− 4	+ 7	+19	−15		− 8,7	− 3,2
+17	+ 3	+ 30	− 3	− 17	+ 2	+12	+21	− 5	−13	− 7,2	− 1,7
				− 8	− 2	+19	+ 3	−12		− 8,1	− 2,5
+ 7	− 1	+ 32	− 4	− 14	0	+16	+13	− 6	− 9	− 7,7	− 1,2
				− 8	− 2	+19	0	− 9		− 7,7	− 3,4
+ 4	− 6	+ 25	− 4	− 18	0	+21	+12	− 8	− 7	− 7,4	− 0,5
				− 11	− 3	+22	+ 6	−14		− 6,1	− 0,8
+ 6	− 6	− 1	− 5	− 19	+ 2	+19	+15	− 1	−16	− 5,6	+ 0,7
				− 9	− 5	+20	+ 1	− 7		− 9,5	− 0,3
− 2	0	− 2	− 3	− 22	+ 3	+22	+ 9	+ 7	−19	− 7,0	+ 1,1
				− 6	0	+18	− 1	−11		− 9,8	− 1,2
− 2	− 1	− 2	− 4	− 23	+ 5	+22	+ 9	+ 6	−19	− 7,0	+ 1,1

Nummer der Beobachtung.	Zu den Lufttemperaturen, in Réaum. Graden. $t^{(m)} - \frac{[t]}{n}$ nach der zweiten Rechnung für die Orte						$[pt]$	Zu den Barome $\mu^{(m)} = g^{(m)}$ n. d. zweiten Rech		
	Magdeburg	Halle	Halberstadt	Ilsenburg	Clausthal	Göttingen		Magdeburg	Halle	Halberstadt
22	+ 1,65°	+1,65°	+0,15°	− 0,25°	− 2,94°	− 0,26°	− 0,55°	− 56	+49	+ 7
23	+ 1,64	+1,86	−0,26	− 0,46	− 2,61	− 0,17	− 0,56	− 62	+49	+16
24	+ 1,55	+1,75	−0,26	− 0,52	− 2,46	− 0,06	− 0,52	− 64	+54	+ 3
25	+ 0,68	+1,18	+0,29	− 0,19	− 1,85	− 0,11	− 0,34	− 88	+62	0
26	+ 0,74	+0,09	+1,66	+ 0,28	− 15,1	− 1,26	− 0,24	−101	+34	+16
27	+ 0,68	+0,03	+1,75	+ 0,30	− 1,51	− 1,25	− 0,24	− 96	+33	+ 9
28	+ 0,79	+0,01	+1,69	+ 0,42	− 1,71	− 1,20	− 0,21	− 94	+31	+ 7
29	+ 0,91	+0,02	+1,62	+ 0,24	− 1,59	− 1,20	− 0,23	− 86	+33	+ 5
30	+ 1,24	−0,41	+1,09	+ 0,08	− 1,71	− 0,29	+ 0,02	− 71	+35	+11
31	+ 1,53	−0,57	+0,83	− 0,07	− 1,82	+ 0,10	− 0,14	− 68	+43	+17
32	+ 2,34	−0,76	+0,44	− 0,25	− 2,26	+ 0,49	− 0,17	− 44	+56	+34
33	+ 2,10	−0,80	+1,10	− 0,36	− 2,65	+ 0,61	− 0,14	− 45	+53	+18
34	+ 1,16	−0,54	+1,86	− 0,29	− 2,94	+ 0,75	− 0,12	− 69	+40	− 4
35	+ 0,78	−0,02	+2,38	− 0,22	− 3,02	+ 0,10	− 0,09	− 78	+40	− 9
36	+ 0,80	+0,60	+2,30	− 0,33	− 3,30	− 0,07	− 0,11	− 29	−40	−21
37	+ 0,82	+0,57	+2,26	− 0,37	− 3,34	+ 0,06	− 0,11	− 16	−47	−19
38	+ 0,73	+0,53	+2,43	− 0,34	− 3,42	+ 0,07	− 0,11	− 2	−51	−30
39	+ 0,75	+0,55	+2,40	− 0,35	− 3,45	+ 0,10	− 0,12	− 2	−58	−20
40	+ 0,86	+0,50	+2,41	− 0,44	− 3,59	+ 0,26	− 0,12	+ 2	−56	−14
41	+ 2,00	+0,25	+1,65	− 0,57	− 3,70	+ 0,37	− 0,18	− 65	−39	+23
42	+ 2,02	+0,12	+1,52	− 0,50	− 3,53	+ 0,37	− 0,16	− 73	−29	+27
43	+ 1,51	+0,01	+0,96	− 0,47	− 2,79	+ 0,78	− 0,08	−100	+ 5	+37

terständen, in Einheiten der 5ten Stelle ihrer Briggischen Logarithmen.

$-\frac{[g]}{n}$ …nung für d. Orte:			$[p\mu]$	$f^{(n)}$ oder zurückbleib. Fehler in den Logarithmen der Barometerstände nach der ersten Rechnung / nach der zweiten Rechnung für die Orte:						Zuwächse der Logar. d. Barometerst. für eine geogr. M. gegen Norden *B* / Osten *C* erste Rechnung / zweite Rechn.	
Ilsen-burg	Claus-thal	Göttin-gen		Mag-debrg.	Halle	Hal-berst.	Ilsen-burg	Claus-thal	Göt-tingen	Norden *B*	Osten *C*
				− 5	− 2	+15	− 2	− 6		− 10,8	− 0,3
− 4	+ 1	+ 3	− 4	− 22	+ 3	+19	+ 8	+10	−18	− 8,0	+ 1,1
				− 5	− 2	+14	− 4	− 3		− 11,7	− 0,5
−11	+ 3	+ 5	− 3	− 23	+ 2	+29	+ 2	+10	−20	− 8,6	+ 0,9
				− 4	0	+14	− 9	− 1		− 12,3	− 0,8
−15	+ 6	+ 16	− 3	− 18	+ 2	+19	− 1	+13	−15	− 10,0	+ 0,8
				− 2	0	+23	−28	+ 7		− 15,9	− 1,3
−40	+ 16	+ 50	− 1	− 11	+ 1	+24	−24	+19	− 9	− 14,6	− 0,3
				− 12	− 3	+35	− 6	−14		− 14,0	− 4,1
− 6	+ 20	+ 37	+ 3	− 28	+ 3	+37	+ 2	+11	−25	− 11,5	− 2,0
				− 10	− 4	+29	− 4	−11		− 13,8	− 3,9
− 6	+ 19	+ 41	+ 3	− 25	+ 2	+30	+ 2	+10	−19	− 11,3	− 1,9
				− 11	− 2	+26	+ 4	−17		− 13,1	− 3,7
+ 1	+ 16	+ 39	+ 4	− 25	+ 1	+28	+ 9	+ 7	−20	− 10,9	− 1,9
				− 7	− 3	+20	− 1	− 9		− 12,5	− 4,2
+ 1	+ 10	+ 37	+ 6	− 22	+ 1	+24	+ 9	+ 3	−16	− 10,4	− 1,5
				− 8	− 1	+24	− 7	− 8		− 10,7	− 2,4
−10	+ 8	+ 27	+ 5	− 20	+ 2	+27	+ 1	+ 6	−16	− 9,0	− 0,7
				− 7	0	+27	−15	− 5		− 10,6	− 1,9
−17	+ 6	+ 19	+ 1	− 21	+ 1	+32	− 6	+ 9	−15	− 9,2	+ 0,1
				− 9	− 4	+61	−54	+ 6		− 8,5	− 0,4
−50	+ 16	− 12	+ 2	− 21	+ 2	+44	−36	+30	−19	− 7,3	+ 2,3
				− 1	0	+21	−27	+ 7		− 10,4	− 1,1
−37	+ 20	− 9	+ 2	− 21	+ 5	+28	−24	+32	−20	− 7,0	+ 1,8
				− 2	− 1	+ 7	0	− 4		− 12,0	− 3,2
−10	+ 26	+ 17	+ 5	− 20	+ 7	+10	− 1	+25	−21	− 8,7	− 0,5
				+ 2	− 2	+ 1	0	− 1		− 13,5	− 4,3
− 6	+ 40	+ 14	+ 5	− 22	+ 6	+ 9	+ 2	+36	−31	− 9,7	− 0,9
				− 5	− 1	−27	+53	−20		− 0,1	− 5,9
+51	+ 26	+ 13	+ 3	− 22	+ 23	−26	+39	+ 5	−19	+ 1,7	− 3,8
				− 8	− 1	−17	+45	−12		+ 2,2	− 4,7
+55	+ 25	+ 2	+ 1	− 12	+ 4	−20	+41	+ 3	−16	+ 3,8	− 3,6
				− 3	− 1	−33	+60	−23		+ 3,9	− 5,4
+69	+ 23	− 9	0	− 10	+ 7	−36	+53	+ 7	−17	+ 5,7	− 3,4
				− 4	− 1	−34	+62	−23		+ 4,5	− 5,6
+71	+ 25	− 16	0	− 16	+ 6	−28	+54	+ 5	−21	+ 7,0	− 3,4
				− 4	− 1	−29	+53	−19		+ 4,7	− 5,2
+66	+ 26	− 24	0	− 17	+ 6	−23	+49	+ 8	−23	+ 7,4	− 3,0
				− 19	− 5	+37	+18	−31		− 2,6	− 4,7
+ 4	− 8	+ 85	+ 7	− 4	− 9	+38	− 4	−37	+16	− 4,9	− 5,3
				+ 13	− 45	+50	+15	−33		− 9,0	− 5,8
− 8	− 7	+ 90	+ 7	− 5	− 10	+43	−16	−28	+16	− 6,6	− 5,1
				− 19	− 6	+59	−17	−17		− 10,9	− 4,2
−25	+ 5	+ 78	+ 7	− 18	− 6	+60	−22	−15	+ 1	− 11,1	− 3,8

Nummer der Beobachtung.	Zu den Lufttemperaturen, in Réaum. Graden. $t^{(n)} - \frac{[t]}{n}$ nach der zweiten Rechnung für die Orte						$[pt]$	Zu den Barome[ter] $\mu^{(n)} = g^{(n)}$ n. d. zweiten Rech[nung]		
	Magdeburg	Halle	Halberstadt	Ilsenburg	Clausthal	Göttingen		Magdeburg	Halle	Halberstadt
44	+ 0,91	+ 0,11	+ 1,01	— 0,34	— 2,49	+ 0,80	— 0,02	— 100	+ 27	+ 29
45	— 0,91	— 0,61	+ 1,79	+ 0,05	— 1,41	+ 1,09	— 0,04	— 71	+ 40	+ 8
46	— 0,89	— 1,29	+ 2,20	+ 0,40	— 0,90	+ 0,48	— 0,18	— 53	+ 36	— 2
47	+ 0,86	— 0,44	+ 0,86	+ 0,97	+ 0,46	— 2,71	— 0,22	— 49	+ 10	— 4
48	+ 0,73	— 0,62	+ 0,63	+ 0,78	+ 0,28	— 1,80	— 0,17	— 43	+ 15	+ 2
49	+ 0,59	— 0,71	+ 0,49	+ 0,66	+ 0,23	— 1,26	— 0,16	— 43	+ 21	+ 6
50	+ 0,41	— 1,19	+ 1,05	+ 0,11	— 1,19	+ 0,81	— 0,12	— 52	0	— 12
51	+ 0,04	— 1,27	+ 1,64	— 0,09	— 1,86	+ 1,54	— 0,02	— 28	+ 29	+ 5
52	— 0,05	— 1,35	+ 1,87	— 0,25	— 2,30	+ 2,08	— 0,07	— 30	+ 22	0
53	+ 1,34	— 1,18	+ 2,42	— 0,22	— 3,08	+ 0,72	+ 0,01	+ 12	+ 36	+ 8
54	+ 1,31	— 1,19	+ 2,36	— 0,17	— 2,99	+ 0,68	— 0,12	+ 18	+ 42	+ 9
55	+ 1,24	— 0,91	+ 2,15	— 0,21	— 2,91	+ 0,64	— 0,06	+ 40	+ 42	+ 15
56	+ 0,88	— 0,97	+ 1,93	— 0,21	— 2,61	+ 0,98	— 0,01	+ 57	+ 38	0
57	+ 2,29	— 7,11	+ 0,33	+ 0,91	+ 0,49	— 1,91	— 1,00	+ 25	— 8	— 21
58	+ 2,23	— 0,47	+ 0,83	— 0,62	— 3,27	+ 1,30	— 0,36	— 15	+ 18	+ 5
59	+ 2,31	— 1,99	+ 0,09	+ 0,78	+ 0,21	— 1,39	— 1,34	+ 19	— 10	— 15
60	+ 2,06	— 2,14	— 0,69	+ 0,07	— 0,64	+ 1,34	— 0,75	+ 17	+ 15	— 6
61	+ 0,24	— 0,84	+ 1,94	— 0,21	— 2,36	+ 1,29	— 0,03	— 19	+ 63	— 18
62	— 0,64	— 1,86	+ 1,71	+ 0,32	— 0,79	+ 1,26	— 0,08	+ 19	+ 43	— 33
63	+ 1,61	— 1,24	+ 0,56	+ 0,22	— 0,94	— 0,21	— 0,75	— 8	+ 37	— 44
64	+ 1,74	— 1,36	+ 0,74	— 0,32	— 2,36	+ 1,56	— 0,35	— 35	+ 40	— 38
65	+ 1,82	— 1,54	+ 1,31	— 0,67	— 3,28	+ 2,36	— 0,27	— 46	+ 42	— 37

terständen, in Einheiten der 5ten Stelle ihrer Briggischen Logarithmen.

$-\frac{[g]}{n}$ … nung für d. Orte:			$[p\mu]$	$f^{(m)}$ oder zurückbleib. Fehler in den Logarithmen der Barometerstände nach der ersten Rechnung / nach der zweiten Rechnung für die Orte:						Zuwächse der Logar. d. Barometerst. für eine geogr. M. gegen Norden B / Osten C, erste Rechnung / zweite Rechn.	
Ilsenburg	Clausthal	Göttingen		Magdebrg.	Halle	Halberst.	Ilsenburg	Clausthal	Göttingen	Norden B	Osten C
				−14	−4	+49	−12	−19		−13,2	−3,5
−20	+3	+61	+5	−23	−4	+51	−13	−8	−3	−12,0	−2,3
				−1	−2	+19	−28	+12		−9,7	−5,1
−24	+51	−4	+2	−29	+6	+21	−14	+50	−34	−8,0	−0,1
				+4	−1	+2	−17	+12		−11,7	−2,8
−7	+46	−20	+4	−26	+10	+7	0	+48	−39	−5,5	+0,2
				+2	−1	−3	0	+2		−8,9	−3,7
+10	+35	−2	+4	−20	+6	+4	+12	+28	−30	−3,9	−1,3
				+1	0	+5	−9	+3		−7,0	−3,1
−4	+29	0	+4	−18	+7	+9	−2	+25	−21	−3,8	−0,8
				+2	0	+10	−23	+11		−7,3	−2,6
−20	+31	+5	+5	−15	+3	+14	−15	+31	−18	−4,9	−0,4
				+1	+1	+20	−37	+15		−6,8	−0,3
+35	−5	+34	+1	−13	0	−2	+35	−16	−4	−4,8	−2,2
				0	0	+24	−38	+14		−5,8	+1,2
−54	−54	+102	+7	+30	−10	+24	−44	−56	+56	−10,3	−0,6
				−4	−2	+28	−34	+12		−4,4	+2,7
−67	−32	+107	+4	+33	−9	+19	−58	−38	+53	−10,4	−1,4
				−9	−4	+31	−18	0		+1,0	+8,0
−53	−61	+58	+10	+33	−11	+17	−40	−49	+50	−6,6	+1,9
				−9	−3	+30	−15	−3		+1,4	+8,2
−51	−72	+54	+10	+34	−11	+17	−37	−56	+53	−6,4	+2,6
				−6	−2	+25	−14	−3		+3,1	+8,6
−41	−75	+19	+13	+19	0	+16	−27	−50	+42	−2,9	+3,9
				−2	0	+13	−13	+2		+4,8	+8,6
−42	−49	−4	+9	+33	0	−4	−32	−27	+30	−0,2	+3,8
				+13	+5	−23	−14	+19		+3,3	−0,3
−10	+17	−3	+5	+15	+2	−24	−12	+16	+3	+2,1	−0,1
				−5	0	+7	+6	−8		−1,3	+1,8
+5	−25	+12	+14	−5	+2	+9	+10	−22	+6	−3,1	+0,7
				+12	+4	−17	−14	+15		+3,1	−0,6
−14	+14	+6	+10	+15	0	−17	−17	+12	+7	+1,3	−0,5
				−2	0	−3	+9	−4		+2,6	+3,2
−8	−45	+27	+3	+16	−18	−4	+1	−32	+37	−2,6	+2,2
				+7	+2	−7	−19	+17		−8,0	+2,1
−35	+7	+2	+19	+2	+4	−9	−15	+27	−9	−7,6	+2,3
				+18	+7	−31	−28	+34		−3,0	+2 6
−39	+14	−4	+9	+26	+10	−29	−29	+25	−3	−3,8	+1,8
				+14	+2	−38	+6	+16		−5,0	+0,6
+2	+11	+2	+12	+9	+5	−36	+11	+18	−7	−4,7	+1,0
				+13	+6	−49	+23	+7		−8,1	−0,1
+11	−2	+24	+18	+3	+5	−26	+20	+1	−3	−7,6	+0,2
				−2	−3	−20	+42	−17		−9,3	−0,1
+30	−23	+34	+19	+2	+3	−24	+40	−21	0	−8,8	−0,1

Nummer der Beobachtung.	Zu den Lufttemperaturen, in Réaum. Graden. $t^{(n)} - \frac{[t]}{n}$ nach der zweiten Rechnung für die Orte						$[pt]$	Zu den Barome $\mu^{(n)} = g^{(n)}$ n. d. zweiten Rech		
	Magdeburg	Halle	Halberstadt	Ilsenburg	Clausthal	Göttingen		Magdeburg	Halle	Halberstadt
66	+ 0°,18	+0°,15	−2°,40	− 0°,70	− 3°,85	+ 1°,82	− 0°,03	− 60	+31	−21
67	+ 0,14	+0,54	+1,59	− 0,62	− 3,19	+ 1,54	+ 0,02	− 44	+32	−17
68	+ 0,16	+0,66	+1,56	− 0,60	− 3,14	+ 1,36	− 0,07	− 55	+33	−15
69	+ 0,10	+0,69	+1,29	− 0,36	− 2,51	+ 0,79	− 0,12	− 45	+37	−14
70	+ 0,01	+0,06	+1,11	+ 0,52	− 0,44	− 1,26	− 0,30	− 38	+18	−12
71	+ 0,76	−1,04	−0,24	+ 0,89	+ 0,56	− 0,93	− 0,26	− 43	+25	−20
72	+ 0,69	−0,61	−0,11	+ 0,57	+ 0,33	− 0,87	− 0,27	− 44	+23	−22
73	+ 0,73	−0,22	+4,33	− 0,59	− 4,97	+ 0,70	− 0,80	− 24	+23	+30
74	+ 0,78	−0,02	+4,18	− 0,60	− 4,97	+ 0,63	− 0,55	− 29	+33	+29
75	+ 0,68	−0,82	+3,18	− 0,43	− 3,82	+ 1,21	− 0,24	− 42	+27	+ 3
76	+ 0,93	+1,38	+3,23	− 0,22	− 3,76	− 1,56	− 0,87	− 32	+40	+ 2
77	+ 1,07	−0,06	+1,83	− 0,15	− 2,62	− 0,03	− 0,43	− 41	+39	−25
78	+ 0,96	+0,76	+0,06	− 0,47	− 2,24	+ 0,93	− 0,37	− 61	− 3	−27
79		+0,78	+0,48	− 0,50	− 2,64	+ 1,88	+ 0,02		+ 4	− 8
80		+0,87	+1,37	− 0,09	− 2,13	− 0,02	− 0,63		+19	− 5
81		+1,92	+1,02	− 0,04	− 2,03	− 0,87	− 1,01		+34	− 9
82		+1,61	+1,51	+ 0,34	− 2,69	− 0,77	− 0,86		+31	−11
83		+1,44	+1,64	+ 0,31	− 2,46	− 0,93	− 0,77		+33	−18
84		+0,83	+1,13	− 0,03	− 0,97	− 0,96	− 0,07		+40	−33
85		+0,33	+1,33	+ 0,02	− 1,35	− 0,33	− 0,21		−28	−26

terständen, in Einheiten der 5ten Stelle ihrer Briggischen Logarithmen.

$-\frac{[g]}{n}$ …nung für d. Orte:			$[p\mu]$	$f^{(\omega)}$ oder zurückbleib. Fehler in den Logarithmen der Barometerstände nach der ersten Rechnung nach der zweiten Rechnung für die Orte:						Zuwächse der Logar. d. Barometerst. für eine geogr. M. gegen Norden B / Osten C erste Rechnung zweite Rechn.	
Ilsenburg	Clausthal	Göttingen		Magdebrg.	Halle	Halberst.	Ilsenburg	Clausthal	Göttingen	Norden B	Osten C
				−9	−7	−9	+50	−25		−9,3	−1,2
+41	−18	+27	+16	−14	−11	−6	+48	−7	−10	−8,2	−0,6
				−9	−5	−1	+32	−17		−9,4	−1,3
+30	−10	+9	+11	−15	+3	−11	+37	−2	−12	−6,0	+0,3
				−6	−4	−4	+31	−17		−9,2	−1,4
+31	−5	+11	+14	−18	+3	−3	+39	−3	−18	−7,0	−0,1
				−1	−2	−7	+16	−6		−9,0	−1,4
+21	−6	+7	+12	−13	+3	−3	+29	−3	−13	−6,9	+0,4
				+2	0	−15	+13	0		−7,0	−0,6
−7	+5	+34	+14	+2	+2	−1	−1	−2	0	−6,2	−1,1
				+4	0	−18	+11	+3		−8,2	−1,2
+4	+5	+29	+17	−2	+1	−7	+2	+10	−4	−7,1	−0,7
				+2	0	−14	+13	−1		−7,3	−1,2
+7	+6	+30	+17	−1	+4	−9	+11	+1	−6	−6,8	−1,1
				−7	−2	+39	−34	+4		−5,1	+0,4
−41	+13	−1	+5	−11	−1	+35	+19	−33	−9	−3,7	+0,2
				−4	−2	+36	−38	+8		−6,0	−0,7
−42	+11	−2	+6	−13	+1	+35	−33	+19	−9	−4,6	+1,2
				−4	−2	+19	−13	0		−6,9	+0,4
−25	+1	+36	+13	−3	−4	+15	−15	+2	+5	−7,5	−0,2
				−1	+8	+10	−35	+18		−6,4	−0,9
−38	+30	−2	+3	−8	+4	+11	−28	+37	−16	−5,9	+1,0
				+21	+2	−31	−24	+32		−11,7	−3,7
−35	+52	+10	+10	+2	+6	−12	−27	+53	−22	−8,1	−0,2
				+25	+8	−22	−64	+53		−10,3	−8,0
−55	+119	+27	+21	−3	+11	−13	−58	+96	−33	−6,0	−4,1
					−3	+49	−68	+22		−20,9	−8,3
−97	+48	+53	+18		−1	+32	−75	+47	−3	−11,6	−3,2
					0	+19	−27	+8		−2,5	+3,0
−54	−29	+69	+8		−6	+37	−26	−20	+15	−13,6	−2,0
					0	+7	−11	+4		+0,9	+6,6
−53	−38	+66	+1		−8	+32	−6	−38	+20	−14,6	−0,6
					+4	0	−2	−2		−0,5	+4,4
−22	−41	+43	−7		−5	+18	+2	−28	+13	−10,6	0,0
					+2	−4	+4	−2		−1,2	+4,3
−15	−39	+39	−9		−5	+9	+9	−25	+12	−10,5	+0,3
					+3	−8	+9	−4		−8,4	+1,2
−13	−24	+30	−14		+1	−3	+11	−10	+1	−11,0	+0,2
					−2	+2	−1	+1		−9,1	−6,8
−12	+31	+35	+6		+3	−5	−8	+9	−9	−3,9	−4,1

Der hypsometrische Erfolg der hier angewandten Methode läfst sich, theils durch Vergleichung der Resultate für einige Punkte mit deren anderweitig bekannten Höhen, theils durch Vergleichung der nach einander für die Höhe ein und desselben Punktes erhaltenen Resultate, einigermafsen beurtheilen. Auf die erste Weise hat sich ergeben:

	(Wahre Höhe.) − (Gemess. Höhe.)		
in *Ilsenburg*	+ 21,2 Par. F.	aus 5	Ablesungen
» *Halberstadt*	+ 22,7 »	» 1	»
» *Clausthal*	+ 4,2 »	» 1	»

und auf die zweite Weise:

	der mittlere Fehler des Resultates aus einer Ablesung.		
in *Wernigerode*	± 13,4 Par. F.	aus 6	Bestimmungen
» *Ilsenburg*	± 13,1 »	» 5	»
auf d. *Brocken*	± 23,8 »	» 4	»
in *Rübeland*	± 42,1 »	» 10	»
» *Treseburg*	± 7,4 »	» 5	»
» *Gernrode*	± 8,2 »	» 3	»
» *Stollberg*	± 7,7 »	» 2	»
» *Iklefeld*	± 15,2 »	» 3	»
» *Andreasberg*	± 12,6 »	» 7	»
am *Oderteich*	± 4,6 »	» 2	»

Der wahrscheinlichste, das heifst der am häufigsten vorgekommene, Fehler einer Höhenbestimmung durch einmalige Ablesung an den tragbaren Instrumenten, hat hiernach etwa ±14 Par. F. betragen. Es entspringt aber derselbe, wenn man die angenommenen Höhen der permanenten Stationen als völlig fehlerfrei betrachtet, aus mindestens vier verschiedenen Quellen, nämlich:

1) aus dem in Réaumur'schen Graden, durch $\Delta(t+T)$ bezeichneten Unterschiede, zwischen der Temperatur-Summe $t+T$, und dem Doppelten der in der betreffenden Luftsäule wirklich vorgekommenen Mittel-Temperatur.

2) aus dem um 0,5 verminderten Verhältnifs q, der mittleren Dampfmenge in dieser Luftsäule zu der sie sättigenden Dampfmenge.
3) aus dem in Pariser Linien gemessenen, theils durch Unkenntnifs der wahren Quecksilbertemperatur, theils durch andere Einflüsse zurückgebliebenen, Fehler Δh in der Ablesung h des Barometerstandes an der momentanen Station und
4) aus dem analogen Fehler ΔH der in dem interpolirten Werthe H für den untern Punkt derselben Verticale zurückgeblieben ist.

Bei Höhen, die, wie die hier gemessenen, nicht über 4000 Par. F. betragen, hat man nun aus jeder dieser Ursachen allein sehr nahe folgende in Par. Fufsen ausgedrückte Fehler der Messung (z) zu erwarten:

aus der 1. Quelle $r^{I} = 0{,}0023 . z . (t+T)$

» » 2. » $r^{II} = \left\{ 0{,}0019 + 0{,}000165 (t+T) \right\} z . (q-\frac{1}{2})$

» » 3. » $r^{III} = 83 . \Delta h$

» » 4. » $r^{IV} = 83 . \Delta H.$

und daher, wenn man für $\Delta(t+T)$, $q-\frac{1}{2}$, Δh und ΔH deren wahrscheinlichsten Betrag gesetzt denkt, in z selbst, den durch folgenden Ausdruck gegebenen wahrscheinlichen Fehler Δz:

$$\Delta z = \sqrt{r^{I2} + r^{II2} + r^{III2} + r^{IV2}}.$$

Für die hier etwa durchschnittlich vorgekommenen Werthe $t+T=35$ und $z=2000$, erhalten die zwei ersten Ausdrücke die Zahlenwerthe:

$$r^{I} = 4{,}6 . \Delta(t+T) \text{ und } r^{II} = 15{,}9 (q-\tfrac{1}{2})$$

und es ist dann für den zweiten auch als *absolutes Maximum* seines Betrages $r^{II} = \pm 7{,}9$ gegeben. Der wahrscheinliche Werth der Gröfsen, welche die Beiträge aus den übrigen drei Fehlerquellen bedingen, bleibt zwar an und für sich durchaus unbekannt; man sieht aber, dafs wenn man nach einander die vier Fehler $r^{I} r^{II} r^{III} r^{IV}$ gleich grofs, und den zweiten verschwindend, die übrigen einander gleich

annimmt, zur Darstellung des hier vorgekommenen wahrscheinlichsten Werthes von Δs respective erfordert werden:

$\Delta(t+T)=\pm 1^{\circ},5$ $q-\frac{1}{2}=\pm 0,44$ $\Delta h=\Delta H=\pm 0,08$ Par. Lin.

oder

$\Delta(t+T)=\pm 1\ ,7$ $q-\frac{1}{2}=\ 0$ $\Delta h=\Delta H=\pm 0,09$ » »

Selbst wenn das hier willkührlich angenommene Verhältnifs der einzelnen Fehler stattgefunden hätte, würde also der Barometerstand an einem in der Verticale der momentanen Station gelegenen Punkte, aus den Beobachtungen an den permanenten Stationen, durchschnittlich bis auf weniger als 0,1 Par. Lin. bekannt geworden seyn. Diese Annäherung ist aber offenbar noch weit vollkommener gewesen, denn bei dem gegenwärtigen Versuche sind die Bestimmung der Lufttemperatur, der Quecksilbertemperatur und die Messung der Barometersäule selbst, an den momentanen Stationen meist unter sehr unvortheilhaften Umständen und somit jede einzelne gewifs mit *weit geringerer* Sicherheit erhalten worden als die Werthe T und H. Man wird dieses nicht bezweifeln, weil die letzteren, ihrem wesentlichsten Theile nach, dem arithmetischen Mittel aus 5 bis 6 Ablesungen an Instrumenten gleich gelten, die, in der Zwischenzeit zwischen den Beobachtungen, weder die Bewegungen noch die starken Temperaturveränderungen erlitten haben, denen die transportablen Instrumente oft bis kurz vor ihrer Anwendung ausgesetzt waren, und welche aufserdem in dem gegenwärtigen Falle meist viel vollkommenere Ablesungsmittel als diese letzteren besafsen.

Obgleich hiernach der Versuch die Temperatur und den Luftdruck an einer unzugänglichen Stelle, aus den beobachteten Werthen an mehreren von ihr beträchtlich entfernten zu erkennen, in der Mehrheit der Fälle sehr wohl gelungen ist, so scheint doch nach dem Obigen hiervon *eine,* nicht zu übersehende Ausnahme stattgefunden zu haben. Ich meine während der Beobachtungen in Rübeland, No. 33 bis 42, für die sich der mittlere Fehler des Resultates einer einzelnen Ablesung zu $\pm$ 42 Par. F. erge-

ben hat. Es sind nun aber hier so entschieden, die innerhalb *einer* Stunde, zu den Zeiten *August* 18 $17^u\,49'$, $18^u\,16'$ und $18^u\,43'$ erhaltenen Resultate, welche diesen Anschein bewirken, dafs man für den mittleren Fehler des Resultats einer einzelnen Ablesung respective ± 15 und ± 19 Par. Fufs erhält, je nachdem man entweder dieselben sämmtlich oder nur die zwei ersten von ihnen ausschliefst. Die Temperatur und der Luftdruck an der momentanen Station, die während 20 Stunden mit denjenigen verglichen wurden, welche aus den Beobachtungen an den permanenten unter Voraussetzung einer *continuirlichen* Abhängigkeit von den Coordinaten folgen, zeigt sich also nur etwa 0,7 Stunden lang von den letztern entschieden abweichend, während der übrigen, theils vor, theils nach diesem Zeitraume gelegenen 19,3 Stunden aber mit ihr in genügender Uebereinstimmung. Dafs aber jene Ausnahme von kurzer Dauer in der That stattgefunden hat und nicht etwa nur durch ein Versehen bei den Ablesungen an der momentanen Station, für eine scheinbare zu erklären ist, wird äufserst wahrscheinlich, weil an allen permanenten Stationen kurz vor dem Eintritt, und an den momentanen sogar genau während derselben, eine starke Veränderung der Windrichtung und eine ihr entsprechende Gestaltänderung der Niveauflächen vorkam. In dem engen Thale, in dem sich das transportable Barometer befand, konnte aber hierdurch wohl, während eines kurzen Zeitraums, eine Luftmasse zurückbleiben, deren Elasticität nicht continuirlich in die der umgebenden Schichten überging. Der Umstand, dafs der Ostwind anstatt der bis dahin herrschenden SW-winde, bei Rübeland erst um $18^u\,43'$ merklich wurde, dafs daselbst nach einer heitern Nacht

um $17^u\,49'$	heftiger Regen	mit	Lufttemperatur	$+10^\circ,91$
» 18 16	ein feiner Regen	»	»	$+10\,,75$
» 18 43	(ein mit Ostwind ziehender Nebel)	»	»	$+10\,,43$.

stattfand, und dafs endlich die Abkühlung der Luft daselbst

noch bis um 20ᵘ, wo die Lufttemperatur 10°,20 betrug, fortdauerte, spricht sehr deutlich für jene Annahme.

An der momentanen Station hatte von 18ᵘ bis 20ᵘ die Lufttemperatur um 0°,7 abgenommen, während sie an den permanenten in derselben Zeit durchschnittlich um 0°,5 zunahm und so war dann auch auf der Verticale von Rübeland während der zwei zuerst genannten Momente:

in der Höhe von:	Die interpolirte Temperatur 668,3 Par. F.	1027,3 Par. F	1280,0 Par. F.	d. beob. Temp. 1280,0 Par. F.
um 17ᵘ 49′	10°,89	10°,05	9°,46	10°,91
» 18 16	10 ,93	10 ,05	9 ,43	10 ,65

d. h. die Luft an der betreffenden Stelle des Bode-Thales um respective 1°,45 und 1°,22 *wärmer* als die für dieselbe Höhe aus den Beobachtungen an 5 bis 6 umliegenden Orten geschlossene.

Ein anderes und noch auffallenderes Beispiel von momentanen Unterbrechungen der Continuität in den *Temperatur*verhältnissen, die selbst durch so kleinliche Unebenheiten wie die Harz-Thäler veranlafst werden, erhielten wir am Morgen des nächsten Tages, ebenfalls an der Bode, bei Treseburg in nur 890 Par. F. Höhe über dem Meere. *August* 19 war daselbst noch um 10 Uhr Abends die Lufttemperatur innerhalb 1° übereinstimmend mit der aus den Beobachtungen an den umliegenden Stationen interpolirten und dennoch fand sie sich nach einer völlig heiteren Nacht um:

16ᵘ 34′ um 5°,2 niedriger als diese interpolirte
17 58 » 4 ,8 » » » »
18 18 » 4 ,7 » » » »

Nur 2 Stunden später war an einem um 0,6 Meilen von Treseburg entfernten und *auf* der Thal-Wand gelegenen Punkte, von dieser Anomalie keine Spur vorhanden, auch ist es bemerkenswerth, dafs in diesem Falle die Oberflächen gleichen Luftdruckes keine entsprechende Abweichung von der vorausgesetzten Ebenheit zeigten, denn die

Höhe der momentanen Station ergiebt sich sehr nahe übereinstimmend aus den Beobachtungen, die vor jener discontinuirlichen Temperaturvertheilung und während derselben gemacht sind.

Ein zweites und wichtiges Ergebnifs aus den vorstehenden Zahlen ist die Entschiedenheit mit der sie den *Niveauflächen der Atmosphäre eine von der horizontalen abweichende Lage zuschreiben.*

Vergleicht man in der zweiten Tafel die Abweichungen $\mu^{(m)}$ und $f^{(m)}$ der Logarithmen der beobachteten Barometerstände von den ihnen respective unter der Annahme horizontaler und unter der Annahme geneigter Niveauflächen möglichst genäherten Werthen, so folgt aus 493 Bestimmungen an sechs verschiedenen Orten

$$\frac{[\mu]}{493} = \pm 28{,}3$$

$$\frac{[f]}{493} = \pm 16{,}4$$

und ferner

		der mittlere Werth von: μ.	f.
bei	*Magdeburg*	± 51,7	± 17,5
»	*Halle*	± 32,5	± 4,5
»	*Halberstadt*	± 14,7	± 20,4
»	*Ilsenburg*	± 25,4	± 20,6
»	*Clausthal*	± 20,5	± 19,2
»	*Göttingen*	± 26,6	± 17,2.

Durch die Annahme einer Neigung der Niveauflächen werden mithin sowohl diejenigen Gröfsen, die als zufällige Fehler in der Gesammtheit der Beobachtungen zurückbleiben, bedeutend verkleinert, als auch und besonders die zu den Beobachtungen an der nördlichsten und an der südlichsten Station (in Magdeburg und in Halle) gehörigen, denn diese würden ohne jene Annahme alle übrigen Beobachtungsfehler in einer durch keinen andern Umstand wahrscheinlich gemachten Weise übertreffen, während sie jetzt die normal scheinenden Werthe annehmen.

Für die Wirklichkeit der aus den vorstehenden Beobachtungen hervorgehenden Neigung der Niveauflächen, spricht aber ferner: die der Zeit nach vorhandene Continuität der Werthe, welche sie dem Betrage und der Richtung dieser Neigung anweisen. Die Gröfsen B und C zeigen sich während der 30 ersten Beobachtungen fast beständig, und die alsdann, etwa zwischen den Beobachtungen No. 30 und 43 von August 17 22ᵘ bis August 19 2ᵘ, und zwischen No. 52 bis 60 von August 19 22ᵘ bis August 20 22ᵘ eintretenden Veränderungen ihres Betrages erfolgen so stetig, dafs an eine Erklärung derselben durch zufällige Beobachtungsfehler durchaus nicht zu denken ist.

Das von Norden an rechts herum gezählte Azimut α nach welchem die Niveauflächen ansteigen, und die nach dieser Richtung bei einem Fortschritt von 1 Geogr. Meile stattfindenden Zuwächse R des fünfstelligen Logarithmus des Barometerstandes und i_1 der Höhe einer Niveaufläche über dem Meere in Par. Fufsen, ergeben sich nun namentlich, im Mittel für die Zeit von August 15 5ᵘ und August 24 18ᵘ Berl. M. Zeit.

$\alpha = 185°,09$ $R = 6,748$ $i_1 = 4,1$ aus allen Beobachtungen

und

$\alpha = 189°,75$ $R = 7,204$ $i_1 = 4,3$ mit Ausschlufs der Göttinger Beobachtungen

und man würde demnach durch die Voraussetzung des Gleichgewichtszustandes der Atmosphäre, aus für diese Zeit gültigen *mittleren* Barometerständen, den Höhenunterschied zweier um n Geograph. Meilen von einander entfernten Orte bis zu $n.4,2$ Par. Fufs fehlerhaft erhalten haben; namentlich aber in der Weise, dafs man die Höhen desjenigen Ortes um den gesammten Betrag dieses Ausdruckes zu klein geschätzt hätte der von dem verglichenen nach S7°W gelegen ist, die Höhe jedes anderen aber zu *klein* um $n.4,2.\cos.(a-187°)$ wenn a das von Norden an rechts herum gezählte Azimut bezeichnet, nachdem sich derselbe von dem verglichenen Punkte aus befindet.

Eben jene Bestimmungsstücke für die Gestalt der Niveauflächen ergeben sich wie folgt für 11 einzelne Abschnitte des genannten Zeitraums. Ich habe 10 von diesen Abschnitten eine je eintägige Dauer gegeben und den ersten, der Kürze wegen als August 15 bezeichneten, mit August 14 20^u angefangen, aufserdem aber eine für ein kürzeres Intervall gültige Angabe an derjenigen Stelle dieses Zeitraumes eingeschaltet, an welcher sich die in Rede stehenden Werthe am schnellsten änderten.

Für:	nach allen Beobachtungen:		mit Ausschlufs der Göttinger Beobachtungen:	
	a.	*R*.	*a*.	*R*.
August 15	177°,35	8,6	183°,75	10,6
» 16	190 ,43	8,6	196 ,70	9,6
» 17	182 ,45	9,1	191 ,03	11,3
» 18	208 ,44	2,6	218 ,43	5,3
» 18 19^u	326 ,10	7,4	299 ,72	6,2
» 19	197 ,30	7,4	203 ,83	9,8
» 20	170 ,25	4,2	92 ,40	3,8
» 21	155 ,70	4,9	144 ,90	3,8
» 22	182 ,55	7,2	186 ,30	8,6
» 23	182 ,40	6,0	195 ,13	8,0
» 24	187 ,05	10,9	177 ,83	6,0.

Von der durchschnittlichen, um 7° *westlich von Süden* gelegenen, Richtung des Ansteigens der Niveauflächen über dem betrachteten Landstücke, haben sich mithin die beiden beträchtlichsten Ausnahmen etwa um August 19 18^u, und zwischen August 19 20^u und August 20 20^u ereignet, indem um die erst genannte Zeit jenes Ansteigen nach einer zwischen N und W gelegenen Richtung, zur zweiten nach einer beträchtlich *östlich von Süden* gelegenen *Richtung* erfolgte. — Ein ursachlicher Zusammenhang dieser Veränderungen mit den gleichzeitig vorgekommenen Wechseln in der Bewegung der Luft über dem betreffenden Raume, ist selbst aus den Angaben über diese letzten, die ich von nur drei der mehrgenannten Stationen erhalten habe, nicht zu verkennen. Es folgen deshalb hier Angaben der Richtungen aus denen

der Wind an diesen drei Orten zu kommen schien, in der von den Beobachtern gebrauchten Form und des Mittelwerthes der ihnen für die einzelnen Zeitabschnitte etwa entsprach, und welcher sowohl seiner Richtung als seiner Intensität nach in der oben erwähnten Weise ausgedrückt ist.

Die Zeitabschnitte zu denen diese Werthe gehören, sind ebenso wie die zuletzt erwähnten, mit nur einer Ausnahme, auf einander folgende volle Tage, auch ist wiederum der mit August 15 bezeichnete, von August 14 20ᵘ bis August 15 20ᵘ gezählt.

	Richtung des Windes.			Mittlere Richtung [1]) des Windes.	Mittlere Intensität des Windes.
	Halberstadt.	Clausthal.	Magdeburg.		
August 15	SW, W NW	S, W	SW, SW	243°,4	0,77
» 16	NW, NW, W	W, SW	SW, SW, S	252 ,9	0,43
» 17	W, W, WNW	S, S	SW, SW, W	240 ,4	0,77
» 18	WNW, NW NO	SW, N	W, N NO	333 ,1	0,53
» 18 19ᵘ	NO	NO	NO	45 ,0	1,00
» 19	ONO, ONO, ONO	NO, S	NO, NO O	68 ,9	0,79
» 20	NNO, NNO OSO	N, SW	SO, SW, SW	142 ,9	0,05
» 21	OSO, SW WSW	SW, SSW	SO, SO SO	176 ,4	0,66
» 22	W, NW WSW	SW, S	SW, SW S	231 ,4	0,76
» 23	WSW, NW NW	SW, SW	S, W W	256 ,5	0,54
» 24	NW, NW NW	—	NW, NW	315 ,0	1,00

1) Rechts von Norden.

Eine Vergleichung der in der letzten Spalte enthaltenen Angaben über die jedesmalige *Richtung*, aus welcher das Zuströmen der Luft erfolgte, mit den gleichzeitig gefundenen Werthen von α, zeigt nun in der That, dafs:

1) beide Winkelgröfsen ohne Ausnahme in einerlei Quadrant des Horizontes, wie wohl der Herkunftspunkt des Windes durchschnittlich um etwas weiter *rechts* als die Richtung des Ansteigens der Niveauebenen, gelegen haben; dafs demnach
2) auch eine zwischen Aug. 14 20^{u} und Aug. 18 19^{u} erfolgte Veränderung der Windrichtung um etwa 160° von *links nach rechts*, von einer Veränderung der Richtung des Aufsteigens der Niveauflächen um etwa 150° von *links nach rechts* begleitet war und dafs
3) nur an dem Tage (August 20) wo an verschiedenen Stellen des den Beobachtungen unterworfenen Raums, sehr verschiedene Luftströmungen und daher für die Gesammtheit desselben nur eine sehr unbestimmte mittlere Windrichtung vorkam, auch die Neigung der Niveauflächen an verschiedenen Stellen verschieden und daher beträchtlich anders erschienen ist, je nachdem man die Göttinger Beobachtungen mit benutzte, oder sie ausschlofs.

Ich enthalte mich absichtlich mancher andern Folgerungen, welche sich aus den vorstehenden Zahlen, z. B. in Beziehung auf die Temperaturabnahme in einerlei Verticale ziehen liefsen, glaube aber dafs die Fortsetzung der Untersuchung von der sie ein erstes Beispiel darbieten, sowohl für die Kenntnifs der Atmosphäre, als für die hypsometrische Anwendung des Barometers von einleuchtender Wichtigkeit ist. Was diese letztere betrifft, so werden viele ihrer früheren Resultate durch den neuen Gesichtspunkt keineswegs verworfen, sondern können vielmehr, durch nachträgliche Correctionen, alsdann den ihnen anderweitig zustehenden Werth wieder erlangen, wenn man für die Gegend und für die Jahreszeit in der sie erhalten wurden, directe Aufschlüsse über die Gestalt der Niveauflächen besitzen wird.

Eben Dieses wird unter andern für eine Reihe von Höhenbestimmungen in den *Tiroler Alpen* eintreten, welche ich bis jetzt nur unter der Voraussetzung des Gleichgewichts-

zustandes der Atmosphäre und unter zu Grundelegung einer Angabe für die Höhe des correspondirenden Barometers, die vielleicht ebenfalls noch einer Verbesserung bedarf, berechnet habe. Die aufserordentliche Sorgfalt die von Bessel auf die correspondirenden Ablesungen an einem Instrumente verwandt wurde, welches wir 12mal mit dem von mir an den momentanen Stationen abgelesenen Gefäfsbarometer der Königsberger Sternwarte verglichen hatten und die seltene Begünstigung, welche die Folgerungen aus diesen Ablesungen dadurch erfuhren, dafs sich der Stand des stationären Barometers während der 8 Beobachtungstage nur innerhalb 1,5 Par. Linien veränderte, veranlassen mich aber die letztern zu den beachtungswertheren zu rechnen und hier mitzutheilen.

Das genannte stationäre Instrument hing in München um 35 Pariser Fufs über dem Strafsenpflaster an der *Frauenkirche*, für welches ich die Höhe über dem Meere nach der Bairischen Vermessung zu 1569 Pariser Fufs angenommen und demnach die Höhe des correspondirenden Barometers über dem Meere = 1604 Par. Fufs gesetzt habe. Der Stand desselben ist während der Dauer der Ablesungen an den momentanen Stationen, von *zwei* zu *zwei* Stunden gemessen, die Lufttemperatur dagegen nur an den momentanen Stationen beobachtet worden. Bei der Rechnung, die im Uebrigen vollständig auf den oben (Seite 388) genannten Grundlagen geführt ist, habe ich deshalb für die Summe $(t+T)$ der zwei in Betracht kommenden Temperaturen in Réaumur'schen Graden gesetzt:

$$t+T=2t+\frac{z}{720}$$

wenn z die Höhe der momentanen Station über dem Münchener Barometer in Pariser Fufsen bezeichnet. Die dieser Gleichung zu Grunde liegende Temperaturabnahme um 1 Réaum. Grad für je 720 Par. Fufs Höhenzuwachs entspricht der in den Sommermonaten zwischen *Genf* und dem *St. Bernhard* am häufigsten vorkommenden.

Zeit der Beobachtung 1827	Bezeichnung der momentanen Station.	Barometerhöhe auf 0° Temp. reducirt in Par. L. a. d. moment. Station.	in München.	Lufttemp. a d. moment. Station. Réaum.	Höhe d. moment. Stat. üb. d. Barom. in München.	Höhe über dem Meere.	für:
Juni 22 3^u 13'	Dorf Reidham	308,603	318,57	11°,25	827,6	2431,6	d. moment. Station
» 5 13	Niveau des Tegernsee's	311,618	318,57	12 ,10	575,9	2179,9	desgl.
» 16 56	Badehaus Kreith. Erste Stock	307,389	318,60	10 ,25	928,7	2532,7	desgl.
» 19 26	Wasserscheide zwischen Achenbach und Wiesbach	303,274	318,75	13 ,00	1308,8	2912,8	desgl.
» 21 54	Vor d. Wirthshaus in Achenthal	304,260	318,32	12 ,00	1181,9	2785,9	desgl.
» 23 41	Niveau des Achensee	303,381	318,05	11 ,25	1230,2	2834,2	desgl.
Juni 23 2 47	Niveau des Inn bei Schwatz	317,039	317,73	18 ,50	58,7	1662,7	Niveau d. Inn bei Schwatz
» 5 55	10 F. über d. Inn bei Volders	316,741	317,67	14 ,60	76,9	1670,9	Niveau d. Inn bei Volders
» 18 45	60 F. über d. Inn bei Innspruck	316,020	318,17	13 ,25	177,5	1721,5	Niveau d. Inn bei Innspruck
Juni 24 3 18	6 F. über d. Inn bei Silz	312,327	318,03	18 ,25	483,0	2081,0	Niveau d. Inn bei Silz
» 9 29	Umhausen 16 F. über d. Oezbach	297,512	318,05	8 ,50	1719,3	3307,3	Niv. d. Oezbach bei Umhausen
» 10 17	daselbst	297,443	218,02	8 ,50	1724,1	3312,1	dasselbe
» 16 8	daselbst	297,444	317,89	8 ,30	1711,1	3299,1	dasselbe
» 17 50	Wasserfall über Umhausen	283,874	317,85	6 ,80	2900,2	4504,2	d. moment. Station
» 19 0	Höchster Punkt zwischen Niederthei und Ober-Lengenfeld	278,855	317,82	6 ,40	3355,5	4959,5	desgl.
» 19 50	4 F. üb. d. Oezbach bei Ober-Lengenfeld	295,631	317,85	8 ,90	1871,5	3471,5	Niveau d. Oezbach bei Ober-Lengenfeld
Juni 25 2 49	1,5 F. über demselben bei Zwieselstein	284,140	317,64	13 ,75	2956,1	4558,1	Niv. d. Oezbach b. Zwieselstein
» 6 14	Höchste Punkt des Timbl-Passes	251,179	317,64	4 ,25	6012,9	7616,9	d. moment. Stat.
» 19 17	20 F. üb. d. Passeierbach, bei Passeiersee	295,058	317,54	8 ,25	1893,0	3477,0	Niveau des Passeier-Bach bei Passeier-See

Zeit der Beobachtung 1827			Bezeichnung der momentanen Station.	Barometerhöhe auf 0° Temp. reducirt in Par. L.		Lufttemp. a. d. moment. Station. Réaum.	Höhe d. moment. Stat. üb. d. Barom. in München.	Höhe über dem Meere.	für:
				a. d. moment. Station.	in München.				
Juni 26	2ᵘ	1'	an der Brücke oberhalb Soltaus	317,511	317,24	15°,25	— 22,5	1581,5	Niv. d. Passeier-Bach b. Soltaus
»	6	1	Meran, Gasthaus zum Kreuz	323,909	317,21	13 ,90	—548,5	1055,5	d. moment. Stat.
»	20	58	4 F. über der Etsch bei Terlan	327,026	317,82	13 ,30	—746,3	853,7	Niv. d. Etsch bei Terlan
»	23	28	Botzen (Gasth. zur Kaiserkrone 2. Stock)	325,729	317,84	13 ,00	—640,4	963,6	d. moment. Stat.
Juni 27	18	41	Brixen, 20 F. über dem Strafsenpflaster	316,231	317,89	12 ,25	136,9	1720,9	Strafsenpflaster in Brixen
»	23	11	Niveau der Eisach bei Sterzing	301,852	317,87	13 ,65	1363,7	2967,7	d. moment. Station
Juni 28	1	10	Erste Brenner Wirthshaus	289,931	317,77	18 ,15	2477,2	4081,2	desgl.
»	2	0	Wasserscheide am Brenner-See	287,291	317,60	16 ,10	2686,7	4290,7	Niveau d. Sihlbach beim Brenner-See
»	4	45	2 F. über d. Sihlbach bei Mattrei	300,625	317,60	14 ,75	1455,9	3057,9	Niv. d. Sihlbach bei Mattrei
»	18	53	45 F. üb. d. Inn bei Innspruck	316,822	318,27	12 ,50	119,1	1678,9	Niv. d. Sihlbach und d. Inn bei Innspruck
»	20	38	daselbst	316,513	318,27	13 ,80	145,9	1704,9	
»	21	38	daselbst	316,431	318,27	15 ,25	153,4	1712,4	desgl.
»	23	7	daselbst	316,187	318,27	16 ,75	175,5	1734,5	desgl.
Juni 29	3	42	Vor Leiten auf d. Strafse nach Seefeld	300,731	318,16	19 ,60	1527,2	3131,2	d. moment. Stat.
»	7	43	10 F. üb. d. Strafsenpflaster in Mittewald	304,241	318,12	13 ,90	1177,3	2771,3	Strafsenpflaster in Mittewald
»	8	58	daselbst	304,305	318,10	11 ,75	1158,0	2752,0	dasselbe
»	19	12	Niveau des Walchen Sees	307,858	317,77	13 ,70	834,1	2438,1	d. moment. Stat.
»	20	56	Niveau des Kochel Sees	314,757	318,07	19 ,12	282,3	1886,3	desgl.

Für die Verbreitungsgränzen einiger Pflanzen ergiebt sich hieraus, dafs

Rhododendron ferrugineum am Achensee in Menge steht also in . . . . . . 2835 P. F. Höhe üb. d. M. an den Abhängen der Kalk-Alpen gegen den Inn, aber nicht tiefer als bei *Leiten*, vorzukommen scheint d. h. nicht unter . . . . 3131 P. F. üb. d. M.

Mit Decandolles Angabe von 970 Meter = 2917 P. F. für die untere Gränze von *R. ferrugineum* in Frankreich ist das Mittel dieser Angaben für Tirol d. h. 2980 P. F. ziemlich übereinstimmend.

Zea Mais gedeiht im *Oezthal* nicht höher als beim Dorfe *Oez*, und dessen Anbau wurde bei *Umhausen* vergeblich versucht. Die obere Verbreitungsgränze desselben läge hiernach bei . . . . 2800 bis 3000 P. F.

Castanea vulgaris steigt am Südabhange des *Brenner* nicht höher als Brixen d. h. . . . . 1720 P. F.

In derselben Höhe findet sich auch an demselben Abhang der *höchste Weinbau*, der im Passeierthal noch etwas unterhalb *Soltaus*, mithin in nicht über 1600 P. F Höhe über dem Meere, vorkommt.

Die Vergleichung der innerhalb gleicher Höhen vorkommenden Gefälle des *Passeier*- und *Oezbach*, und der *Eisach* mit dem *Sihlbach* zeigt ferner in sehr auffallender Weise, wie der südliche Abhang des *Timbl* sowohl als des *Brenner*, den nördlichen Abhang desselben Berges an Steilheit übertrifft. Man erhält namentlich am *Timbl*

für den Passeierbach

von der Quelle des Zuflusses auf dem Timbl (in 7500 P. F. Höhe) bis Passeiersee,

auf:	Gefälle.	und das Gefälle auf 1000 P. F.	Höhe üb. d. Meere
1,25 geogr. Meilen	4023 Par. F.	140,9 Par. F.	zwischen 7500 und 3477
von Passeiersee bis Soltaus, auf			
2,37 geogr. Meilen	1895 Par. F.	35,0 Par. F.	zwischen 3477 und 1582

und für den Oezbach

von dem Zuflufs auf d. Timbl (in 7400 P. F. Höhe) bis Zwieselstein auf

1,25 geogr. Meilen	2842 Par. F.	99,5 Par. F	zwischen 7400 und 4558

auf:	Gefälle.	und das Gefälle auf 1000 P. F.	Höhe üb. d. Meere.
von Zwieselstein bis Ober-Lengenfeld			
2,50 geogr. Meilen	1087 Par. F.	19,0 Par. F.	zwischen 4558 und 3471
von Ober-Lengenfeld bis Umhausen auf			
1,00 geogr. Meilen	165 Par. F.	7,2 Par. F.	zwischen 3471 und 3306

An den Abhängen des *Brenner* aber dem entsprechend für:

die Eisach

auf:	Gefälle.	und das Gefälle auf 1000 P. F.	Höhe üb. d. Meere.
von den Quellen bis Sterzing			
1,50 geogr. Meilen	1323 Par. F.	38,6 Par. F.	zwischen 4291 und 2968
von Sterzing bis Brixen auf			
3,75 geogr. Meilen	1273 Par. F.	14,9 Par. F.	zwischen 2968 und 1695
von Brixen bis Botzen auf			
4,75 geogr. Meilen	762 Par. F.	7,0 Par. F.	zwischen 1695 und 933

und dagegen für den Sihlbach

von den Quellen bis Mattrei auf			
2,00 geogr. Meilen	1233 Par. F.	26,9 Par. F.	zwischen 4291 und 3058
von Mattrei bis Innspruck auf			
3,60 geogr. Meilen	1347 Par. F.	15,4 Par. F.	zwischen 3058 und 1711

Sowohl an dem *Timbl* als am *Brenner* erscheinen hiernach in ihren obersten Theilen der südlichere Abhang sehr nahe um 1,5 mal stärker geneigt als der nördliche [1]).

VI. *Hygrometrische Studien; von Hrn. V. Regnault.*

(*Comptes rendus T. XXXV. p.* 930.)

In einer im J. 1845 von mir veröffentlichten Abhandlung [2]) habe ich die verschiedenen Methoden, welche bisher er-

1) In diesem Bande der Annalen bitte
Seite 283 Zeile 1 v. u. anstatt: — zu lesen =
Seite 288 Zeile 4 v. u. anstatt: später zu lesen früher.

2) *Ann. de Chimie et de Phys. Ser. III. T. XV.* (Diese Ann. Bd. 65, S. 135 und 321 nach einem vom Verf. gemachten Auszug in den *Comptes rendus.*)

dacht worden sind, um die zu einem gegebenen Zeitpunkt in der Atmosphäre vorhandene Menge von Wasserdampf zu bestimmen, einer experimentellen Prüfung unterworfen. Ich unterschied vier solcher Methoden:

1) die chemische;
2) die, gestützt auf die Angaben der Hygrometer aus organischen Substanzen, welche sich durch Feuchtigkeit verlängern;
3) die des Condensations-Hygrometers;
4) die des Psychrometers.

1. Chemische Methode.

Die chemische Methode, wenn sie unter den in meiner früheren Abhandlung angezeigten Bedingungen ausgeführt wird, erlaubt den Mittelwerth der während der Operation in der Luft vorhandenen Feuchtigkeit (*fraction moyenne de saturation*) mit grofser Genauigkeit zu erhalten. Allein das ist ein Laboratoriums-Versuch, der viel Zeit und voluminöse Apparate erfordert, also schwer in Wetterwarten (*observatoires météorologiques*) ausgeführt werden kann. Die chemische Methode eignet sich aber ungemein zur Prüfung der übrigen hygrometrischen Methoden und zur Bestimmung der numerischen Constanten, welche mehre derselben erfordern. Deshalb habe ich sie bei den in meiner ersten Abhandlung vorkommenden Untersuchungen beständig angewandt.

2. Hygrometer, gebildet aus organischen sich durch Feuchtigkeit verlängernden Substanzen.

Nach allgemeiner Annahme ist das vollkommenste Hygrometer dieser Klasse das Saussure'sche oder Haarhygrometer. Die zahlreichen Versuche, welche ich in meiner ersten Abhandlung veröffentlicht, haben jedoch bewiesen, dafs dieses Instrument, wenn es nach der Vorschrift von Saussure graduirt worden, keineswegs vergleichbar ist, und nicht die vorausgesetzte Empfindlichkeit besitzt, weil es oft eine ziemlich lange Zeit gebraucht, um auf seinen

Gleichgewichtszustand zu kommen. In jener Abhandlung habe ich zwei Graduirungs-Methoden angegeben, bei welchen man, statt blofs die beiden äufsersten Punkte der hygrometrischen Scale festzustellen, an jedem Instrument eine grofse Anzahl intermediärer Punkte bestimmt, welche die Curve seines Ganges zu construiren erlauben. Diese Curve ist keineswegs, wie Saussure voraussetzte, eine gerade Linie. Allein diese Graduirung ist eine feine und zeitraubende Operation, zu der man sich bei einem so leicht in Unordnung gerathenden Instrument wie das Haarhygrometer schwer entschliefst. Es ist zu wünschen, dafs die Beobachter einem Instrumente gänzlich entsagen, auf dessen guten Zustand sie niemals rechnen können.

3. Condensations-Hygrometer.

Die Methode der directen Bestimmung des Thaupunkts ist die genaueste von allen, die man bisher erdacht hat. Wird sie unter den Bedingungen ausgeführt, die ich in meiner ersten Abhandlung angegeben habe, so gestattet sie den Sättigungsbruch der Luft, mit einer Genauigkeit so grofs wie man wünscht, zu bestimmen. Es ist die einzige Methode, welche mit gleicher Sicherheit bei allen atmosphärischen Umständen anwendbar ist. Die Genauigkeit ihrer Angaben wird nicht influencirt durch die Temperatur, noch durch den Feuchtigkeitsgrad oder Luftzug. Allein, obwohl diese Methode nur eine sehr einfache und in einem Observatorium immer leicht ausführbare Handhabung verlangt, wird sie doch schwerlich eine ausgedehnte Anwendung finden, weil man in den periodischen Wetterwarten immer denjenigen Methoden den Vorzug giebt, die eine blofse Ablesung fest aufgestellter Instrumente verlangen, und man sich schwer zu Proceduren entschliefst, die eine wenn auch noch so kurze Manipulation erfordern.

4. Methode des Psychrometers.

Das Psychrometer ist von allen hygrometrischen Instrumenten dasjenige, welches gegenwärtig die ausgedehnteste

Anwendung findet. Es kommt nicht leicht in Unordnung und die Beobachtung erfordert keine besondere Geschicklichkeit. Bekanntlich besteht die psychrometrische Methode darin, dafs man gleichzeitig ein trocknes und ein beständig feucht gehaltenes Thermometer beobachtet. Aus dem Unterschied der von beiden Instrumenten angezeigten Temperaturen, aus der absoluten Temperatur eines von ihnen und aus dem gleichzeitigen Barometerstand leitet man den Sättigungsbruch der Luft her, in welcher die Thermometer befindlich sind. Allein man mufs hiezu die Formel kennen, welche diese verschiedenen Elemente verknüpft, und man mufs sich durch genaue Versuche versichern, ob eine und dieselbe Formel bei den verschiedenen Umständen, unter welchen die Beobachtungen gemacht werden können, anwendbar sey. Diefs zu studiren, ist der Gegenstand vorliegender Abhandlung.

Nach theoretischen Betrachtungen, die ich in meiner ersten Abhandlung aus einander gesetzt, hat Hr. August gesucht, jene Formel aufzustellen. Die physischen Principien, die ihm als Ausgangspunkt dienen, sind aber, meines Erachtens, sehr streitig. Ich habe die Haupteinwürfe, die sich gegen diese Principien erheben lassen, entwickelt und durch zahlreiche Versuche gezeigt, dafs diese Einwürfe vollkommen begründet sind. Wie dem auch sey, die Formel, zu welcher Hr. August gelangt, ist folgende:

$$x = \frac{1 + \frac{\gamma}{\delta\lambda}(t - t')}{1 + \frac{k}{\lambda}(t - t')} f' - \frac{\frac{\gamma}{\delta\lambda}(t - t')}{1 + \frac{k}{\lambda}(t - t')} H$$

worin x die Spannkraft des zur Zeit des Versuchs in der Luft vorhandenen Wasserdampfs; t die vom trocknen Thermometer angezeigte Lufttemperatur; t' die Temperatur des befeuchteten Thermometers; f und f' die Spannkräfte des Wasserdampfs bei Sättigung, bei den Temperaturen t und t'; H der Barometerstand zur Zeit der Beobachtung; γ die specifische Wärme der trocknen Luft; k die des des Wasserdampfs; δ die Dichte des Wasserdampfs; und λ

die latente Verdampfungswärme des Wassers in Luft von der Temperatur t'.

Substituirt man in dieser Formel die Zahlenwerthe der Constanten, läfst mehre Glieder fort, die innerhalb der Beobachtungsgränzen stets nur sehr kleine Werthe erlangen, so kommt man zu der sehr einfachen Formel

$$x = f' - 0{,}0006246\,(t - t')\,H,$$

welche die viel verwickeltere theoretische Formel ersetzen kann, da sie von dieser in ihren Resultaten selten um mehr als 0,01 abweicht. Diese Näherung ist aber in den meisten Fällen mehr als hinreichend, weil der hygrometrische Zustand der Luft unausgesetzt veränderlich ist und eben deshalb keine sehr strenge Bestimmung zuläfst.

Es fragt sich nun, ob diese Formel wirklich die verschiedenen Sättigungsstufen ausdrücke, welche die atmosphärische Luft unter verschiedenen Umständen darbieten kann. Die Prüfung kann nur geschehen, wenn man das Psychrometer unter sehr mannigfaltigen Umständen beobachtet, die dadurch erlangten Elemente in die Formel überträgt und die daraus abgeleiteten Resultate vergleicht mit der, entweder durch das Condensationshygrometer oder durch die chemische Methode direct bestimmten, wahren Spannung des Wasserdampfs. Ehe ich diefs Studium beginne, mufs ich bemerken, dafs ich in meiner ersten Abhandlung durch unzweifelhafte Versuche gezeigt habe, dafs der veränderliche Bewegungszustand der Luft einen sehr beträchtlichen Einflufs auf die Angaben des Psychrometers ausübt; dafs in einer selben Luft der Temperaturunterschied zwischen dem trocknen und benäfsten Thermometer desto gröfser ist, je rascher die Luft sich fortbewegt. Dieser einzige Umstand beweist, dafs die theoretische Formel des Hrn. August nicht genau seyn kann, weil sie die Bewegung der Luft aufser Acht läfst. Im Gegentheil ist bei Aufstellung dieser Formel vorausgesetzt, dafs das nasse Thermometer beständig eingehüllt sey von einer mit Dampf gesättigten Luftschicht, welche gleiche Temperatur mit diesem Thermometer habe und sich mit unendlicher Ge-

schwindigkeit erneue. Wahrscheinlich ist aber keine dieser Voraussetzungen richtig.

Indefs beweisen die nämlichen Versuche, dafs wenn das Psychrometer der *freien Luft* ausgesetzt ist, der Temperaturunterschied $t-t$ sich wenig mit der Geschwindigkeit des Windes ändert, so lange diese Geschwindigkeit unterhalb 5 Meter in der Sekunde bleibt. Diese Bedingungen sind aber in einer Wetterwarte immer leicht zu erfüllen, wenn man das Psychrometer zweckmäfsig schützt.

Statt der Formel

$$x=f'-0{,}006246(t-t')H,$$

welche keinen unbestimmten Coëfficienten enthält, habe ich die allgemeinere

$$x=f'-A(t-t')H$$

einer experimentellen Untersuchung unterworfen und gesucht, ob sie die verschiedenen Sättigungsstufen der Luft mit hinreichender Genauigkeit darstelle, sobald man das Psychrometer bei jeder Versuchsreihe einen festen Standpunkt behalten läfst, und den Werth des unbestimmten Coëfficienten A zweckmäfsig bestimmt. Dann gab ich dem Psychrometer ganz andere Standpunkte und untersuchte, ob sich dieselbe Uebereinstimmung zeige, sowohl wenn man für alle diese Orte dem Coëfficienten A einen selben Werth läfst, als auch, wenn man ihn für jeden derselben einen verschiedenen giebt. Schon in meiner ersten Abhandlung habe ich eine grofse Anzahl, in dieser Absicht angestellter Versuche aufgeführt. Seitdem habe ich noch viele andere, unter den verschiedenartigsten Umständen angestellt, und die Gesammtheit der daraus abgeleiteten Resultate erlauben, glaube ich, die in Rede stehende Aufgabe zu entscheiden.

Die allgemeine Verfahrungsweise bestand darin, die nach den Angaben des Psychrometers aus der Formel abgeleiteten Sättigungsbrüche $\frac{x}{f}$ zu vergleichen mit den Sättigungsbrüchen, die sich aus directer Wägung der in einem

bekannten Volum derselben Luft enthaltenen Feuchtigkeit ergab. Diese letztere Bestimmung geschah mittelst eines Aspirators von constantem Ausflufs, der mit Hülfe einer langen Röhre die atmosphärische Luft in der Nähe der Thermometer des Psychrometers einsog, und dieselbe durch tarirte Austrocknungsröhren führte. Während der Aspirator arbeitete, was drei Viertel bis eine ganze Stunde dauerte, beobachtete man regelmäfsig von 5 zu 5 Minuten die Angaben der Thermometer des Psychrometers. Die Ablesung geschah von weitem mittelst eines Fernrohrs, damit das Instrument und die Feuchtigkeit der Luft nicht durch die Nähe des Beobachters verändert werde. Man nahm aus den Thermometerständen die Mittelwerthe und zeichnete den Mittelstand des Barometers für die Dauer der Beobachtungen auf. Diese Mittelwerthe, in die Psychrometerformel gesetzt, gaben einen Werth von x, welchen man mit dem aus der directen Wägung der Feuchtigkeit abgeleiteten verglich.

Ich gebe in meiner Abhandlung eine grofse Zahl von Tafeln mit Resultaten dieser Versuche. Ich glaube daraus ableiten zu können:

1. Die von Hrn. August gegebene theoretische Psychrometerformel kann nicht als wahrer Ausdruck der Thatsachen betrachtet werden, denn sie giebt nicht Rechenschaft von mehren Umständen, die einen grofsen Einflufs auf die Angaben dieses Instruments ausüben. Die relativen Temperaturen der beiden Thermometer, des trocknen und des nassen, hängen nicht blofs ab vom Sättigungszustand der Luft, sondern auch vom Bewegungszustand derselben, so wie von örtlichen Umständen, denen das Instrument ausgesetzt ist. In der That zeigen diese Thermometer Resultanten an, die abhängen von der eigenen Temperatur der umgebenden Luft, von der veränderlichen Wärmestrahlung der umgebenden Körper und überdiefs, beim benäfsten Thermometer, von dem (vielleicht mit der Temperatur veränderlichen) Verdampfungsvermögen (*pouvoir évaporant*), welches die Luft unter den Temperatur-, Sättigungs-

und Bewegungs-Zuständen, in welchen sich das Instrument befindet, auf das Wasser ausübt.

Wenn man das Psychrometer um eine verticale Axe rasch im Kreise herumschwenkt, vermindert man den Einfluſs der veränderlichen Bewegung der Luft und der örtlichen Umstände, aber man vernichtet die Einfachheit, welche ein Hauptverdienst des Psychrometers ist.

Hr. Walferdin hat neulich vorgeschlagen, zu den psychrometrischen Beobachtungen ein einziges Thermometer anzuwenden, dessen mit Musselin umhüllter Behälter nach einander trocken oder naſs sey. Man soll das trockne Thermometer im Kreise herumschwenken und dann ablesen, um so die Temperatur der Luft zu erhalten. Darauf soll man den Musselin benässen und das Instrument abermals herumschleudern, wo es dann die in die Formel t' zu setzende Temperatur t' angiebt. Diese Verfahrungsweise hat das Ueble, daſs der Beobachter dicht bei dem abzulesenden Instrumente ist, was man immer vermeiden muſs, weil seine Nähe nothwendig auf den hygrometrischen Zustand der Luft einwirkt. Da überdieſs zwischen der Ablesung des trocknen und der des feuchten Thermometers immer eine gewisse Zeit verflieſst, so ist man nicht gewiſs, ob die beiden Temperaturen demselben Zustand der Luft entsprechen, zumal im Freien, wo die Bewegung der Luft unausgesetzt veränderlich ist. Der Fehler, der daraus entspringen kann, ist keineswegs zu vernachlässigen, denn er wirft sich auf die Temperaturdifferenz $(t-t')$, die oft, vor allem bei niedrigen Temperaturen, sehr klein ist. Jedenfalls müſste man, wenn man so verfahren wollte, den Werth des Coëfficienten A durch eine Reihe analoger Versuche, wie ich in meiner Abhandlung beschrieben, direct bestimmen.

Um den Einfluſs des veränderlichen Luftzugs zu vermeiden, hat Hr. Belli vorgeschlagen, das Psychrometer in eine Röhre einzuschlieſsen, welche an einem Ende mit der Luft communicirt, an dem andern aber mit einem doppelten Saugebalg (*soufflet aspirant à double effet*), den man bei jedem Versuche auf gleiche Weise spielen läſst.

Allein es ist zu fürchten, dafs die Temperaturen der beiden Thermometer bedeutend influencirt werden durch die Temperaturveränderungen, welche die Luft bei diesem künstlichen Zustand rascher Bewegung durch ein enges, Widerstände darbietendes Rohr erleiden kann. Ueberdiefs müfste man für jede Einrichtung des Apparats und für jede angewandte Geschwindigkeit des Luftstroms den zugehörigen Werth von A durch directe Versuche bestimmen. Aufserdem mufs ich bemerken, dafs, wenn man wie Hr. Belli verfährt, die Beobachtung des Psychrometers eine ebenso complicirte Operation ist, wie die des Condensations-Hygrometers, und dafs dann kein Grund vorhanden ist, ihm den Vorzug zu geben vor dem letztern Instrument, dessen Anzeigen absolut sicher sind.

2. Die Versuche der ersten, zweiten, dritten, vierten und achten Reihe beweisen defsungeachtet die Gültigkeit der Formel

$$x = f' - A(t - t')H$$

für Psychrometerbeobachtungen in eingeschlossener oder freier Luft, wenn das Instrument gegen Wind und directe Sonnenstrahlen gehörig geschützt ist, und dafs sie daher in unsern Klimaten die verschiedenen Feuchtigkeitszustände der Luft mit hinreichender Genauigkeit aus solchen Beobachtungen angiebt, sobald man für *jede Oertlichkeit* den Werth des Coëfficienten A durch directe Versuche sorgfältig bestimmt hat.

Der Werth dieses Coëfficienten wurde gefunden in

einem kleinen verschlossenen Zimmer . .	$A = 0{,}00128$
einem grofsen verschlossenen Saal . . .	$A = 0{,}00100$
demselben Saal, als zwei gegenüberstehende Fenster geöffnet waren . . .	$A = 0{,}00077$
einem grofsen viereckigen, von hohen Gebäuden umgebenen Hof, das Psychromemeter gegen Norden	$A = 0{,}00074$
im Hofe des Wirthshauses von *Taverne aux Eaux-Bonnes* (Pyrenäen) . . .	$A = 0{,}00090$.

3. Befindet sich das Psychrometer an einem Ort, wo es gewissen Winden directer ausgesetzt ist als anderen, so können seine Angaben unter den verschiedenen Umständen nicht mehr mit gleicher Genauigkeit durch eine einzige Formel dargestellt werden. Man erkennt diefs leicht an den Versuchen der fünften Reihe, die im südlichen Hofe des *Collége de France* angestellt sind. Man bemerkt es auch bei den Versuchen der neunten Reihe, die Hr. Izarn auf einem sehr hohen und gänzlich entblöfsten Plateau der Pyrenäen angestellt hat. Allein in diesem letztern Falle sind die Abweichungen der Formel in Bezug auf den wirklichen Sättigungszustand nicht bedeutend genug, als dafs man nicht die Angaben des Psychrometers als genügende Annäherungen betrachten konnte. Wohl verstanden, war der Werth des Coëfficienten A durch die Beobachtungen selbst bestimmt worden. Für das hohe Plateau der Pyrenäen betrug $A = 0,00090$.

4. Ist das Psychrometer den directen Sonnenstrahlen ausgesetzt und zugleich die dem feuchten Thermometer durch den Musselin zugeführte Wassermenge hinreichend um dasselbe vollkommen benäfst zu erhalten, so werden seine Angaben noch genügend durch dieselbe Formel ausgedrückt, die für das Psychrometer im Schatten gilt. Wirklich findet man in der achten Reihe, die auf dem hohen Plateau der Pyrenäen angestellt ist, mehre Versuche, bei denen die Sonne direct auf die Thermometer schien, und dennoch zeigen dieselben die nämliche Uebereinstimmung mit der Formel wie die im Schatten angestellten. Die im Südhofe des *Collége de France* angestellten Versuche der sechsten Reihe, bei denen der Apparat im vollen Sonnenschein stand, scheinen zu demselben Schlufs zu führen.

5. Unter atmosphärischen Umständen, bei denen das Wasser auf dem feuchten Thermometer gefriert, also bei Lufttemperaturen unter 0° oder sehr wenig über 0°, wird das Psychrometer immer weniger empfindlich, weil die Veränderungen der Spannkraft des gesättigten Wasserdampfs mit der Temperatur immer geringer werden, in dem

Maafse als die Temperatur sinkt. Die Versuche der siebenten Reihe beweisen, dafs ein und derselbe Werth von *A* nicht mehr die wahren Sättigungsbrüche in allen Strecken der hygrometrischen Scale ausdrücken kann. Es ist nothwendig, wenigstens zwei dieser Werthe zu bestimmen, einen für die der Sättigung nahe Luft, und einen für die davon entfernte. Allein es steht zu fürchten, dafs diese Werthe von *A* nicht für alle niedrigen Temperaturen gelten und sie sich mit diesen Temperaturen merklich ändern. Diefs ist ein Punkt, der nur durch Beobachtung in sehr kalten Gegenden aufgeklärt werden kann, denn in unsern Klimaten hat man selten Gelegenheit zur Anstellung von Beobachtungen unter solchen Umständen.

Es scheint mir unnütz, eine Formel aufzusuchen, welche die psychrometrischen Beobachtungen besser als die vereinfachte August'sche darstelle, denn die Angaben des Instruments werden offenbar influencirt durch örtliche und zufällige Umstände, welche die Rechnung nicht in Betracht ziehen kann. *Das Psychrometer mufs als ein empirisches Instrument betrachtet werden*, wie das Saussure'sche Haarhygrometer; vor dem letztern hat es den Vorzug, weniger leicht veränderlich zu seyn, aber seine Angaben sind noch mehr von örtlichen Umständen abhängig wie die jenes. Es ist zu wünschen, dafs die Beobachter sich von dieser Wahrheit überzeugen, damit sie nicht fortfahren, Instrumente zu beobachten, deren Angaben keine Sicherheit besitzen, und somit zweifelhafte Beobachtungen häufen, die den Fortschritten der Meteorologie mehr schädlich als nützlich sind.

Bleibt man dabei, sich des Psychrometers zu fortgesetzten Hygrometerbeobachtungen zu bedienen, und diefs sind die einzigen, die meines Erachtens Interesse haben, so wird es zweckmäfsig seyn, das Instrument so weit wie möglich an einem sehr geräumigen, aber durch umgebende Gebäude geschützten Ort aufzustellen, damit die Thermometer vor der directen Wirkung des Windes geschützt seyen. Man mufs ferner die dem gewählten Orte zukommende Con-

stante A der Formel $x = f' - A(t - t')H$, durch vergleichende Versuche bestimmen, sey es mittelst des Condensations-Hygrometers oder nach der chemischen Methode. Zu dieser Bestimmung wähle man vorzugsweise Zeiten, wo die Luft vom Sättigungspunkt fern ist, weil dann das mit A behaftete Glied den gröfsten Zahlenwerth besitzt. Es wird selbst zweckmäfsig seyn, die Constante A für zwei verschiedene Strecken der Thermometerscale zu bestimmen, für die von 0° bis 10°, und dann für die von 0° bis 30°. Wahrscheinlich werden diese beiden Werthe nicht identisch seyn, und man wende dann jede innerhalb der Temperaturgränzen an, für welche sie bestimmt ist. Verfährt man so, so wird man sicher seyn, aus den Psychrometerbeobachtungen Werthe des Sättigungsbruchs der Luft abzuleiten, die nicht um mehr als $\frac{1}{40}$ von den wahren abweichen, und diefs ist für Beobachtungen dieser Art eine vollkommen hinreichende Annäherung.

Wünscht man eine gröfsere Annäherung, so müfste man zum Condensations-Hygrometer greifen. Die beste Einrichtung für dieses Instrument scheint mir immer diejenige zu seyn, welche ich in meiner früheren Abhandlung beschrieben habe; nur dafs man den kleinen Aspirator, den ich daselbst abgebildet habe, ersetzen könnte durch einen umkehrbaren Doppel-Aspirator, analog dem von Brunner, und auf festem Stativ stehend; man würde dadurch der Mühe des häufigen Füllens des Aspirators überhoben seyn. Giebt man jedem Gefäfse dieses Aspirators eine Capacität von 10 bis 15 Litern, so könnte man, ohne es umzukehren, wenigstens 20 bis 30 Beobachtungen nach einander machen, d. h. mehr als gewöhnlich in einem Observatorium des Tags über gemacht werden. Die Flüssigkeit, mit denen man das Hygrometer füllte, würde zur Winterzeit Aether, und zur Sommerzeit Alkohol oder besser Holzgeist seyn. Leicht würde man auch diese Flüssigkeit in einem kleinen Silbergefäfs in zweckmäfsigem Niveau erhalten können, ohne nöthig zu haben, dieses häufig abzunehmen. Zu dem Ende würde man diefs Gefäfs unten durch eine kleine Silberröhre

in Verbindung setzen mit einem Behälter, der eine etwas beträchtliche Menge von der flüchtigen Flüssigkeit enthielte und fortwährend die kleine Menge des Verdampften ersetzte.

VII. *Theorie der Cohäsion und Trennung der materiellen Theilchen oder Molecüle der Körper; von Hrn. Séguin, d. A.*

(Auf Wunsch des Hrn. Moigno, aus dessen Cosmos, Vol. 1. p. 692.)

Physiker, welche versucht haben, die Cohäsion, oder jene Contactwirkung zu erklären, durch welche die Molecüle der Körper einander adhäriren, wurden daran durch zwei unübersteigbare Schwierigkeiten verhindert.

Die erste bestand darin, zu begreifen, wie zwei benachbarte Molecüle eines festen Körpers gegenseitig eine gröfsere Wirkung auf einander auszuüben vermögen, als die Anziehungskraft der Erde auf jedes derselben; und gewöhnlich hat man, um diese Thatsache zu erklären, angenommen, dafs die Anziehung mit der Entfernung sich ändere oder nach einem anderen Gesetze erfolge, in dem Maafse als die Molecüle sich einander mehr nähern.

Aber nach Beseitigung dieser ersten Schwierigkeit war noch zu erklären, warum die Molecüle, durch ihre gegenseitige Einwirkung der Erde entzogen und ihrer gegenseitigen Anziehung zu gehorchen freigegeben, nicht unbestimmt bestrebt seyen, sich in dem gemeinsamen Schwerpunkte zu concentriren. Diese Molecüle finden sich in der That bei den Körpern des Planetensystems niemals gleichzeitig zweien, sich das Gleichgewicht haltenden Kräften, der Schwere und der Centrifugalkraft, ausgesetzt, und sie verbleiben daher in bestimmten, zwischen festen Gränzen eingeschlossenen Entfernungen, welche sie nicht überschreiten können. Diese zweite Thatsache, von welcher man

sich

sich durch das Gesetz der allgemeinen Anziehung keine Rechenschaft versprach, zu erklären, hat man oft angenommen, dafs die Molecularanziehung, bei allzu grofser Annäherung der beiden Molecüle, in Abstofsung übergehe; nicht selten auch hat man vorausgesetzt, dafs der zwischen die Molecüle der Körper gelagerte Wärmestoff dieselben entfernt zu halten sich bestrebe, indem er diesen gegenüber die Rolle übernehme, welche die Centrifugalkraft in der Gesammtheit der Bewegungen der Weltkörper spielt.

Sehen wir, wie Séguin auf glückliche Weise dieselben beiden Thatsachen erklärt, und jene beiden grofsen Schwierigkeiten beseitigt durch die einfache Betrachtung des unendlich kleinen Volumens der materiellen Molecüle in Verbindung mit dem Gesetze der allgemeinen Anziehung.

Die Wirkung, welche ein Agregat von Molecülen oder eine bestimmte materielle Masse auf eine andere mit ihr in Berührung gebrachte Masse ausübt, kann von zwei Gesichtspunkten aus aufgefafst werden: erstens, indem man die beiden Gesammtheiten von Molecülen gesondert betrachtet, als condensirt oder concentrirt in ihrem respectiven Schwerpunkte und als auf einander einwirkend in directem Verhältnisse der Massen und in umgekehrtem Verhältnisse des Quadrates der Entfernungen; zweitens, indem man unterstellt, dieselben seyen durch die Vereinigung äufserst dichter und äufserst kleiner Molecüle gebildet, die durch leere Zwischenräume von weit gröfserer Ausdehnung, als die von jenen eingenommenen vollen Räume, von einander getrennt sind.

Bezeichnet man durch die Einheit die Masse der Gesammtheiten von Molecülen, welche Gesammtheiten wir einfachheitshalber als kugelig, gleich und in der Einheit der Entfernung von einander befindlich annehmen, so wird in ersterem Falle ihre gegenseitige Anziehung ausgedrückt durch 1, getheilt durch das Quadrat von 1, d. h. durch 1.

Im zweiten Falle verhält sich die Sache ganz anders. Nehmen wir, um die Begriffe festzustellen, an, dafs die

beiden Kugeln durch die Vereinigung von zwölf Reihen, zu 60 Molecülen jede, gebildet und, in Form von Radien im Inneren derselben angeordnet, um 60° gegenseitig gegen einander geneigt und durch andere Reihen, jede gleichfalls von 60 Elementen, verbunden sind. Dieses so erhaltene und einzig in seiner Art dastehende Polyëder, welches auf natürliche Weise durch die Nebeneinanderlagerung von kugeligen Molecülen hervorgeht, ist das Cubo-Octaëder der Mineralogen; es ist gleichsam regelmäfsig und kann in eine Kugel eingeschrieben werden, die es in zwölf Punkten berührt.

Sieht man ab von den Molecülen, welche sich in den Winkeln über einander lagern, so ist die Zahl der Kügelchen, welche die Bildung der zwei beträchtlichen Kugeln eingehen, gleich 2160 und die Masse jedes Molecüles, oder jeder kleinen Kugel ist der 2160ste Theil der Einheit. Ferner wird, da sich 120 Molecüle zwischen den Centren der beiden grofsen Kugeln oder zwischen der zweimal die Einheit betragenden Entfernung ihrer Schwerpunkte befinden, die Entfernung der Centren zweier kleinen Kugeln, oder benachbarter Molecüle gleich $\frac{1}{120}$stel seyn, und folglich drückt sich die Anziehung einer dieser kleinen Kugeln, oder Molecüle, auf die ihr benachbarte aus durch:

$$\frac{1}{2160} : \left(\frac{1}{120}\right)^2 = \frac{14400}{2160} = 6,66\ldots,$$

d. h. die kleinen Kugeln üben in Anbetracht ihrer Dünne und ihrer gröfseren Annäherung eine gegenseitige Anziehung auf einander aus, welche 6mal beträchtlicher ist, als die der beiden ganzen Kugeln auf einander.

Nähmen wir in jeder Reihe statt 60 Molecüle deren 600 000 an, so würde jede kleine Kugel, oder jedes Molecül auf sein benachbartes eine Anziehung ausüben gleich $(1200000)^2$ zum Quadrate erhoben und getheilt durch 21 600 000, d. h. gleich 66666; diefs zeigt, dafs, was auch leicht vorauszusehen war, die Anziehung zwischen den Mo-

lecülen, im Vergleiche zu der der beiden Körper unter sich, in directem Verhältnisse ihrer Theilung wächst.

Und da man aufserdem unterstellen kann, dafs die Reihen aus einer beliebig grofsen Anzahl Molecüle zusammengesetzt sind, so folgt, dafs man einem Körper eine solche constitutive Form beilegen darf, dafs jedes Molecül auf sein benachbartes eine gröfsere Anziehung ausübt als die, welche jeder andere von derselben Masse gebildete Körper auf dieses Molecül ausüben würde, was auch aufserdem das Volumen oder die Masse seyn möge, welches man diesem Körper beilegen könnte.

Séguin blieb nicht bei diesem allgemeinen Resultate stehen, er hat auch untersucht, welche Beschaffenheit der Masse, Dichtigkeit, Entfernung und Anordnung man den Molecülen, die durch ihre Vereinigung die mit Cohäsion begabten Körper bilden, beilegen müsse, damit diese Körper ungeändert bleiben, wenn sie sich unter dem Einflusse einer kräftig wirkenden Masse, wie die Erde, befinden, und der Calcül ergiebt, dafs die Anziehung dieser Masse auf die verschiedenen Theile dieser Körper gröfser ist als die Anziehung dieser selben Theile unter sich, sie gegenseitig als in ihrem respectiven Schwerpunkte concentrirt betrachtend.

Dieses gerade ist die Art, wie man das Problem formuliren mufs. Denn vermag man die Erklärung der Cohäsion auf das einfache Gesetz der Attraction zurückzuführen, so mufs, wenn ein Körper, dessen Zähheit grofs genug ist, der Wirkung seines eigenen Gewichtes zu widerstehen, will man sein Zerreifsen bewerkstelligen, er frei aufgehängt und blofs an seinem äufsersten Ende befestiget seyn, damit die Kraft, die gegenseitig durch seine eigenen Molecüle in seinem Aufhängepunkte ausgeübt wird, an Gröfse die der Erde auf die ganze Masse der Molecüle, welche sich zwischen diesen und dem Aufhängepunkte selbst befinden, übertreffe.

Wählen wir als Beispiel den sehr einfachen Fall eines an einem seiner Enden senkrecht aufgehängten Eisenstabes.

Der Calcül ergiebt, dafs die Cohäsion des Metalles gleich ist der Kraftwirkung, welche durch eine Säule von 6000 Meter Länge ausgeübt wird, und dafs bei Ueberschreitung dieser Gränze das Gewicht des unteren Theiles ein Zerreifsen bewirken würde. Denkt man sich daher eine Molecülreihe in dem Sinne der Länge des Stabes abgesondert, oder betrachtet man diesen als einfach zusammengesetzt aus einer Reihe aufeinander folgender Molecüle, so ist nothwendig in dem Punkte, wo das Zerreifsen erfolgt, die Anziehung der Molecüle, welche jeder der sich auf der einen und anderen Seite dieses Punktes befindlichen Reihen zukommt, gleich der Anziehung, welche die Erde auf die Gesammtmasse der Molecüle ausübt, die zwischen der Erde und eben diesem Punkte befindlich sind.

Diese Wirkung zu bestimmen, wollen wir untersuchen, auf welche Weise in diesem Falle die Attraction auf die Molecüle wirkt, dabei unterstellend, dafs zwei Körper *A* und *B*, die von kugeliger Form sind, und von denen jeder ein Volumen besitzt, gleich und gleich dicht dem der Erde, an einem Punkte ihrer Oberfläche, sich berühren, und dafs die Summe ihrer Massen und die Entfernung ihrer Centren durch die Einheit ausgedrückt werde. Ihre gegenseitige Kraftwirkung drückt sich dann ersichtlich aus durch $\frac{1}{1^2} = 1$. Unterstellt man nun, diese Körper seyen in Kugeln von 1 Meter Durchmesser getheilt von derselben Dichtigkeit, so wird, da der Durchmesser der Erde in runder Zahl 12 000 000 Meter beträgt, die Zahl der Kugeln einer jeden dieser Massen $(12000000)^3$ seyn, und es drückt sich die Anziehung jeder dieser Kugeln auf die mit ihr in Berührung stehende aus durch:

$$\left(\frac{1}{12\,000\,000}\right)^3 : \left(\frac{1}{12\,000\,000}\right)^2 = \frac{1}{12\,000\,000}.$$

Hieraus folgt, dafs, nimmt man die Dichtigkeit dieser Kugeln als 12 000 000 mal gröfser, oder, in anderen Worten, ihre Anzahl als 12 000 000 mal kleiner an, jede derselben die Eigenschaft besitzt, auf die Oberfläche eine Anziehung

auszuüben gleich der der beiden grofsen Körper auf einander. Da jedoch die Anziehung der sich berührenden Kugeln grofs genug seyn mufs, wie wir diefs bestimmt haben, um eine Reihe von 6000 Kugeln zu tragen, so mufs ihre Kraftwirkung in diesem Punkte auch 6000mal beträchtlicher seyn; und diefs erhält man nun, wenn man ihre Dichtigkeit vermehrt, oder ihre Anzahl verringert in demselben Verhältnisse von 1 zu 6000, so dafs diese sich vermindert auf:

$$\frac{(12\,000\,000)^3}{12\,000\,000 \times 6000} = 24 \times 10^9.$$

Unabhängig von der Wirkung, welche die beiden Kugeln, oder benachbarten Molecüle einzeln auf einander ausüben, wirkt jedes derselben auf alle anderen derselben Reihe, welche Wirkung gemessen wird durch ihre Masse, getheilt durch das Quadrat der Entfernung zwischen denselben. Bezeichnen wir mit $a, a', a'' \ldots\ldots b, b', b'' \ldots\ldots$ die Kugeln, oder Molecüle, welche respective der auf der einen und anderen Seite des Berührungspunktes befindlichen Reihe zugehören, und rechnen wir ihre Abstände von diesem Punkte an, so finden wir, dafs die Summe der gegenseitigen Anziehung beider Reihen umfafst: 1) die Anziehung von a auf b, gleich $\frac{1}{1^2} = 1$; 2) die Anziehungen von a auf b' und von a'' auf b, jede gleich $\frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$, und zusammen gleich $\frac{1}{2}$; 3) die Anziehungen von a auf b'', von a' auf b', von a'' auf b, jede gleich $\frac{1}{3^2} = \frac{1}{9}$, und zusammen gleich $\frac{1}{3}$; u. s. f. Das Gesetz der Progression offenbart sich schon in den ersten Gliedern, und die Summe der Anziehungen, oder die totale Anziehung der einen Molecülarreihe auf die andere ist folglich gegeben durch die Summe der 6000 ersten Glieder der Reihe 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, etc. Fügt man die 9 ersten Glieder zusammen, so erhält man 2,83. Nimmt man die 90 folgenden Glieder und sucht deren Summe, so wird man zu demselben Werthe kommen, weil man 10mal mehr Glieder hat, von denen jedes im Mittel

einen 10 mal kleineren Werth hat; und theilt man alle anderen Glieder in Gruppen, deren Gliederzahlen successive 10 mal gröſser sind, d. h. von 900 bis 9000, von 9000 bis 90000, so wird deren Werth für jede Gruppe derselbe seyn. Folglich wird die Summe der Glieder der Reihe, gleich der Summe der Werthe der Gruppen, durch das Product, welches man durch Multiplication des Logarithmen der Zahl der Glieder mit dem gemeinsamen Werthe der Gruppen erhält, ausgedrückt werden können, weil die Anzahl der Gruppen der Logarithmus der Zahl der Glieder ist. In vorliegendem Falle ist die Gliederzahl 6000, ihre Summe also:

$$2{,}83 \times \log.\ 6000 = 2{,}83 \times 3{,}778 = 10{,}79,$$

oder in runder Zahl 10. Man kann daher in Folge dieser zweiten Quelle der Attraction in Verbindung mit der ersten die Molecüle 10 mal weniger dicht und ihre Anzahl 10mal beträchtlicher, d. h. gleich $24 \times 10^{10} = 240\,000\,000\,000$ annehmen. Diese Betrachtungen thuen dar, daſs die durch die Kugeln oder Molecüle gegenseitig ausgeübte Wirkung zwei deutlich unterschiedenen Ursachen entspringt, und es ist daher von Wichtigkeit, diese im Einzelnen zu betrachten. Die erste ist die Thätigkeit der Molecüle auf benachbarte, und ihre Wirkung vermehrt weder, noch vermindert sie die Gesammtlänge, welche die Molecüle bilden würden, wenn man sie einzelnen aneinander gereiht sich dächte. In der That, in dem uns beschäftigenden Falle ist diese Länge $\frac{(12\,000\,000)^3}{12\,000\,000 \times 6000} = 24\,000\,000\,000$ Meter, wenn jede Kugel 1 Meter Durchmesser hat; für Kugeln von 1 Millimeter Durchmesser erhielte man nun z. B. auf gleiche Weise $\frac{(12\,000\,000\,000)^2}{12\,000\,000\,000} = 24\,000\,000\,000$ Kugeln von einem 1000 mal kleineren Durchmesser, was dieselbe Länge von 24 000 Millionen Metern ergiebt. Die zweite Quelle der Cohäsion ist die Thätigkeit, ausgeübt durch die nicht benachbarten Molecüle; nun ist gezeigt worden, daſs diese zweite Kraftwirkung wächst proportional dem Loga-

rithmen der Zahl der Molecüle, und dafs sie eigentlicher noch abhängt von dem Grade der Theilung und Dichte, auf welchen man die Molecüle gebracht hat.

So sind wir zu dem Fundamentalschlusse gelangt, dafs, um die Phänomene der Cohäsion zu erklären, ohne auf andere Ursachen als die Newton'sche Attraction zurückzugehen, es vollständig hinreicht, anzunehmen: 1) die Molecüle der Körper gruppiren sich in Reihen, die um so länger sind, je gröfser die Cohäsion ist; 2) die Dimensionen der in Reihen gruppirten Molecüle sind so klein, dafs sie alle Vorstellungen übertreffen, welche wir uns von unendlich kleinen Quantitäten machen können. Man sieht in der That alsdann ein, dafs der Logarithme der Zahl, welche die Quantität der in einer Reihe von endlicher und beliebig kleiner Länge enthaltenen Molecüle ausdrückt, selbst grofs genug seyn kann, um ins Unbestimmte die Anziehung zu vermehren, welche die verschiedenen Theile des Systemes unter sich verbindet; daher kann man auch voraussetzen, dafs die Dichtigkeit jedes Molecüls und folglich die von ihm einzeln auf sein benachbartes ausgeübte Anziehung um so geringer sey, je gröfser der Logarithmus der Zahl der die Reihe bildenden Molecüle.

Diese Schlüsse Séguin's in Bezug auf die ungeheuer grofse Anzahl und unendliche Kleinheit der Molecüle der Körper stimmt ganz mit der gewöhnlichen Ansicht der Physiker überein. Schon Musschenbroeck hatte als erwiesen, selbst experimentell erwiesen, folgende Sätze ausgesprochen: 1) Wie grofs auch das Volumen eines Körpers seyn mag: die zwischen seinen Molecülen befindlichen leeren Räume sind doch bedeutend genug, um begreiflich zu machen, dafs dieser Körper ohne irgend einen Verlust seiner Substanz auf ein unendlich kleines Volumen reducirt werden kann, ähnlich einem Sandkorne oder dem kleinsten Atome sichtbarer Materie; 2) in dem kleinsten Sandkorne, in dem kleinsten Atome sichtbaren Staubes, giebt es Theile genug, welche man abtrennen kann, oder welche wirklich abgetrennt sind, um daraus eine Kugel von beliebiger

Gröfse zu formen, in welcher zwei benachbarte oder angränzende Atome in einer Entfernung sich befinden, kleiner als jede angebbare Länge. Séguin drückt sich, ohne diese Sätze des gelehrten holländischen Physikers im Geringsten zu ändern, anders aus: Von welcher Dichte auch die Körper seyn mögen, sagt er, die letzten Atome sind in Bezug auf ihr Volumen eben so weit von einander entfernt, als die Himmelskörper im Raume es sind.

Es erübrigt noch, auseinander zu setzen, wie Séguin die Intensität der anziehenden Kräfte der Materie im Zustande der äufsersten Theilung experimentell zu constatiren versucht hat. Er hat als Beispiel den Fall gewählt, wo in Folge chemischer Reaction, welche zwischen Substanzen verschiedener Natur bei ihrer Auflösung in Wasser vor sich geht, ein fester Körper sich bildet und mitten in der Flüssigkeit erscheint. Er selbst hat einen optischen Apparat construirt, bestimmt, den durch die Molecüle in dem Momente, wo sie in festem Zustande erscheinen, durchlaufenen Raum zu messen, einen Raum, den sie zurücklegen, um von dem Punkte, wo die Anziehung jedes der wirksamen Mittelpunkte aufhört, bis zu dem zu gelangen, wo sie einen der flockenartigen Kerne bilden, deren Vereinigung den Niederschlag bildet. Indem er dann jeden der Gruppirungsmittelpunkte wie eine Masse auf die entferntesten Molecüle anziehend einwirkend betrachtet, hat er den Raum, den diese kleine Masse in einer gegebenen Zeit die angezogenen Molecüle zu durchlaufen zwingt, verglichen mit dem, welchen die Erde in derselben Zeit einen auf ihrer Oberfläche befindlichen Körper hätte durchlaufen lassen.

Es war von Wichtigkeit, mit einem Niederschlage zu operiren, dessen Bildung nicht allzu schnell geschah. Séguin wählte demzufolge den, welcher sich bei der Auflösung von Seife in Wasser bildet, worin schwefelsaurer Kalk sich in Lösung befindet; einen Theil dieses Wassers gofs er in einen kleinen Trog, der am Grunde durchscheinend war, [illegible]llte ihn in den Brennpunkt von Strahlen, welche

einem Systeme von Linsen parallel waren, und tauchte ein Stückchen feuchter Seife in denselben; es bildete sich augenblicklich, in weniger als einer Sekunde, ein flockenartiger Niederschlag, zusammengesetzt aus abwechselnd dunkeln und hellen Theilen und gebildet durch äufserst dünne Fäden, deren respective Lagen, Formen und Dimensionen nicht merklich während der Dauer der Beobachtung sich änderten. Er mafs mittelst eines in das Ocular des Apparates eingesetzten Mikrometers die Entfernung der Centren der hellen und dunkelen benachbarten Theile; ein Mittel aus mehreren Beobachtungen ergab für diese Entfernung $0^{mm},36$, welche Gröfse die Kante des kleinen Würfels ausdrückt, der die im Wirkungsmittelpunkte gruppirte feste Masse umfafst, und beinahe dem Volumen einer Kugel von 3 Millimeter Durchmesser gleichkommt.

Das Volumen dieser kleinen Masse gleich 1 gesetzt, findet man durch Rechnung, dafs das der Erde durch 7641×10^{25} ausgedrückt wird; aber da das Wasser nur ein Tausendtel seines Gewichtes feste Masse aufgelöst enthielt, deren Dichte nur der Hälfte der der Erde gleich ist, so mufs obige Zahl noch mit 2000 multiplicirt werden; sie wird so 15282×10^{28} und drückt die Beziehung der Masse der Erde zur Masse des Flockens, dessen Volumen 1 ist, aus.

Diefs unterstellt, erhält man endlich das Verhältnifs der Anziehungen in der Entfernung dadurch, dafs man obige Zahl durch das Quadrat des Verhältnisses der Radien der kleinen Masse und der Erde, oder durch 18×10^{18} theilt; so ergiebt sich 8487×10^{9}; und da die Erde die auf ihrer Oberfläche befindlichen Körper einen Raum von ungefähr 5 Meter in der ersten Sekunde ihres Falles durchlaufen läfst, so folgt, dafs die kleine Masse, bei einer nach denselben Gesetzen vor sich gehenden Wirkung auf das Molecül, dieses in derselben Zeit nur einen Raum von 5 Meter getheilt durch vorhergehende Zahl, oder $\frac{1}{16974 \times 18^{9}}$ Meter hätte durchlaufen lassen müssen, oder als Decimalzahl, die

Zahl 6029 mit vorausgehenden zwölf Nullen. Aber der in einer Sekunde durchlaufene Raum ist ersichtlich gleich der Hälfte des Raumes, welchen das durchscheinende, die beiden kleinen Materienanhäufungen trennende Wasser einnahm; und Séguin hat durch ein Mittel aus mehreren Beobachtungen gefunden, dafs dieser Raum 0^{mm},6 betrug, d. h. siebenhundert Milliarden mal gröfser war, als wenn die Anziehung der kleinen Masse auf das Molecül nur das Resultat der Anziehung aller es zusammensetzenden Theile, betrachtet als concentrirt in ihrem Schwerpunkte, gewesen wäre. Daher mufsten nothwendig der Zustand der äufsersten Theilung und die unendliche Kleinheit ins Mittel treten, um in ungeheurem Verhältnisse die Anziehung, welche die Gruppirung bewirkt hat, zu vermehren.

Diese Experimente Séguin's sind nur ein erster Versuch, aber ein sehr glücklicher, welcher neue Wege öffnet und welchen man vergleichen kann mit der ersten Rechnung, in Folge deren Newton, die beobachtete Fallgröfse des Mondes mit der Fallgröfse der auf der Erdoberfläche befindlichen Körper vergleichend, zu dem Schlusse gelangte, dafs den Bewegungen des Mondes als einzige Ursache die Anziehung der Erde in umgekehrtem Verhältnisse des Quadrates der Entfernung zu Grunde liege.

VIII. *Tangentenbussole nach einem neuen elektrodynamischen Princip; von Hrn. Gaugain.*

(Ein Schreiben an Hrn. Despretz. *Compt. rend. T. XXXVI. p.* 191.)

Neulich haben Sie der Academie eine ausgedehnte Arbeit über die Tangentenbussole des Hrn. Pouillet mitgetheilt und darin gezeigt, dafs die Tangenten der Ablenkungen der Nadel dieses Instruments nicht genau den Intensitäten der elektrischen Ströme proportional sind, wenigstens so-

bald nicht der vom Strom durchlaufene Kreis von sehr grofsem Durchmesser ist.

Beim Nachdenken über die Resultate, welche Sie erhielten, bin ich zu der Ansicht geführt, dafs es möglich sey, die Intensitäten den Tangenten proportional zu machen, wenn man an dem Instrument eine sehr einfache Abänderung anbringt, darin bestehend, dafs man den Mittelpunkt der Magnetnadel aufserhalb der mittleren Ebene des vom Strom durchlaufenen Kreises und in einem gewissen Abstand von ihr aufstellt.

Um diese Idee durch den Versuch auf die Probe zu stellen, liefs ich durch Hrn. Froment eine Tangentenbussole anfertigen, bei welcher der Kreis parallel mit sich selbst verschiebbar, und somit in verschiedene Abstände vom Mittelpunkt der Magnetnadel zu versetzen war; bei dieser Einrichtung konnte ich (durch eine sogleich zu beschreibende Methode) bestimmen, wie grofs, für jede Stellung des Kreises, der entsprechende Werth der *Abweichung* (*écart*; so nenne ich den Unterschied zwischen der wahren Intensität und der durch die Tangente der erhaltenen Ablenkung gemessenen Intensität) war; ich kam dadurch zu folgenden Resultalten.

Ist der Kreis von kleinem Durchmesser und nimmt er die gewöhnliche Stellung ein, d. h. fällt sein Mittelpunkt zusammen mit dem der Magnetnadel, so ist der Werth der Abweichung bedeutend, sobald die Ablenkung selbst etwas grofs ist. Wenn man aber den Kreis vom Mittelpunkte der Nadel entfernt, so findet man, dafs die Abweichung, welcher eine bestimmte Ablenkung entspricht, mit dieser Entfernung abnimmt. Ist er bis zu einem gewissem Abstand gelangt, so ist die Abweichung Null für alle Ablenkungen; jenseits dieses Abstandes erscheint die Abweichung wieder, aber mit umgekehrtem Zeichen und ihr absoluter Werth wächst mit dem Abstande, wenigstens innerhalb ziemlich weiter Gränzen.

Ich operirte successive mit zwei verschiedenen Kreisen. Der eine von ihnen hielt 214 Millimeter im Durchmesser,

und ich fand, dafs er in einen Abstand von 54 Millimet. vom Mittelpunkt der Nadel gebracht werden mufste, damit die Abweichung Null werde. Der zweite Kreis hielt 263 Millimet. im Durchmesser und, um die Abweichung zu vernichten, mufste er 66 Millimet. vom Mittelpunkt der Nadel entfernt werden. Aber 54 ist sehr nahe ein Viertel von 214, und 66 ist auch sehr nahe ein Viertel von 263. Diese Beobachtung führte natürlich zu dem Glauben, dafs man mit einem Kreise von beliebigem Durchmesser würde eine Tangentenbussole construiren können, wenn man ihn in einem Abstand aufstellte, der gleich dem Viertel seines Durchmessers vom Mittelpunkt der Nadel wäre.

Da ich mit der Analyse nicht hinlänglich vertraut bin, um die Relation zu bestimmen, welche nach der Ampère'schen Theorie zwischen dem Durchmesser des Kreises und dem Abstand desselben vom Mittelpunkt der Nadel in dem Falle stattfinden mufs, wo die Abweichung Null ist, so habe ich meinen ehemaligen Schulkamerad, Hrn. Bravais, gebeten, sich mit dieser Untersuchung zu beschäftigen. Er hat die Güte gehabt, sie auszuführen, und ist zu dem Satz gelangt: *dafs, wenn man eine Magnetnadel der Wirkung eines kreisrunden Stroms aussetzt, und der Abstand des Mittelpunkts der Nadel von der Ebene des Stromes gleich ist einem Viertel-Durchmesser des Stromes, im Allgemeinen die Tangenten der erhaltenen Ablenkungen fast genau den Intensitäten proportional sind.* Die Abweichungen, deren Gröfse er berechnet hat, sind ganz zu vernachlässigende Gröfsen, so lange nur nicht der Radius des Kreises kleiner ist als das Dreifache der Länge der Nadel; — wohlverstanden, dafs dabei immer vorausgesetzt wird, der Mittelpunkt der Nadel liege auf dem Perpendikel der Kreisebene, gezogen durch den Mittelpunkt des Kreises.

Das ausgesprochene Princip erlaubt, Tangentenbussolen von sehr grofser Empfindlichkeit zu construiren. Es ist nämlich klar, dafs der geometrische Ort aller zur Bildung einer Tangentenbussole geeigneten Kreise ein gerader Kegel ist, dessen Scheitel im Mittelpunkte der Nadel liegt

und dessen Winkel sich leicht bestimmen läfst. Denkt man sich einen mit Seide besponnenen Metalldraht auf die Oberfläche dieses Kegels gewickelt, so wird jede Windung Ablenkungen geben, deren Tangenten die Intensität des Stromes messen werden, und klar ist, dafs der *konische Multiplicator*, gebildet aus dem Vereine aller dieser Spiralwindungen, dieselbe Eigenschaft besitzen wird. Ich habe einen Multiplicator dieser Art ausführen lassen, mittelst dessen man die Intensität sehr schwacher Ströme messen kann.

Es bleibt mir noch übrig, Ihnen die experimentelle Methode auseinander zu setzen, welche ich angewandt, um zu den eben angeführten Resultaten zu gelangen. Ich ersetzte den Kupferstreifen, welcher den Kreis der gewöhnlichen Tangentenbussolen bildet, durch vier mit Seide besponnene Kupferdrähte von etwa 1 Millim. Durchmesser; ich leitete den Strom einer constanten Kette bald durch einen einzigen dieser Drähte, bald durch alle vier endweise verknüpft, und ich verglich mit einander die Tangenten der mit dem einfachen und dem vierfachen Draht erhaltenen Ablenkungen. Klar ist, dafs wenn die vier Drähte, einzeln genommen, gleiche Wirkungen auf die Nadel ausüben, der Strom, welcher sie successive durchläuft, die vierfache Wirkung von der eines einzigen Drahts erzeugt, und es reicht hin, um die Angaben des Instruments zu prüfen, dafs man untersuche, ob die Tangenten der Ablenkungen sich wie 4 : 1 zu einander verhalten, und wenn sie es nicht thun, dafs man berechne, wie viel sie davon abweichen.

Damit diese Methode zu genauen Resultaten führe, ist es nöthig, die vier Drähte so anzuordnen, dafs ihre Wirkung auf die Nadel vollkommen gleich sey. Ich glaube diefs mittelst folgender Einrichtung erreicht zu haben: Die vier Drähte wurden auf einen isolirten Draht von etwa 2 Millimet. Durchmesser (der blofs als Kern diente) in Schraubenlinien von gleichem Gang und gleichem Durchmesser aufgewickelt, und die aus dem System dieser vier Schraubendrähte gebildete Litze wurde wiederum in die Hohlkehle

einer kreisrunden Rolle gelegt; da jeder der schraubenförmigen Ströme dann als aequivalent betrachtet werden konnte einem kreisrunden Strom in Richtung der Circumferenz, welche den Schraubendrähten als gemeinschaft liche Axe diente, so ist klar, dafs die vier Ströme unter einander gleich seyn mufsten, was ich auch übrigens durch den Versuch bestätigt habe.

Damit die Intensität des Stromes unverändert bleibe, ist erforderlich, dafs man, in dem Fall, wo der Strom blofs einen der Schraubendrähte durchläuft, einen *Compensationsdraht* in die Kette einschalte, dessen Widerstand gleich ist dem der drei dann ausgeschlossenen Schraubendrähte; ich hatte die Länge dieses Drahts mit vieler Sorgfalt bestimmt. Aufserdem traf ich alle von Ihnen empfohlenen Vorsichtsmafsregeln, sowohl um eine möglichst constante Kette zu erhalten, als auch um die Intensitäts-Schwankungen zu compensiren, welche selbst die constanteste Kette darbietet.

IX. *Zusatz zu den elektro-dynamischen Versuchen des Hrn.* Gaugain; *von Hrn.* Bravais.

(*Compt. rend. T. XXXVI. p.* 193.)

Nachdem Hr. Gaugain mir seine interessanten Beobachtungen über die Tangentenbussole gütigst mitgetheilt hatte, erkannten wir bald: 1) dafs derjenige Abstand des Mittelpunkts der Nadel vom Mittelpunkt des Stroms, welcher die Intensitäten den Tangenten proportional macht, in einem bestimmten Verhältnisse zum Durchmesser des Kreises steht, und 2) dafs diefs Verhältnifs wenig von dem 1 : 4 abweicht. Es blieb nun zu sehen, ob die Ampère'sche Theorie hiermit im Einklang stehe.

Hat man einen kreisrunden elektrischen Strom vom Radius R und der Intensität i, im magnetischen Meridiane

stehend, und einen magnetischen Nordpol von der Intensität μ, der um N-Einheiten nördlicher, und um E-Einheiten östlicher liegt als der Mittelpunkt des Stroms; nennt man ferner $R\varphi$ den Bogen vom Strom, gezählt vom Nordpunkt bis zum betrachteten Element, und X, Y, Z die drei Componenten der auf den Pol ausgeübten elektrodynamischen Gesammtwirkung, die X gezählt gegen den magnetischen Osten, die Y gegen den magnetischen Norden und die Z gegen das Zenit, so findet man:

$$X=\int_0^\pi \frac{2\mu i R(R-N\cos\varphi)d\varphi}{(E^2+R^2+N^2-2NR\cos\varphi)^{\frac{3}{2}}}$$

$$Y=\int_0^\pi \frac{2\mu i RE\cos\varphi d\varphi}{(E^2+R^2+N^2-2NR\cos\varphi)^{\frac{3}{2}}}$$

$$Z=0.$$

Setzt man nun voraus, die Nadel habe gegen ihren Mittelpunkt symmetrisch und in dem Abstande l von ihm liegende Pole, und ist dieser Mittelpunkt die Spitze eines geraden Kegels, dessen Höhe D und dessen Grundfläche der Strom ist; nennt man überdiefs Δ den Winkel der Ablenkung aus dem magnetischen Meridian, so wird man haben:

$$N=l\cos\Delta,\quad E=D+l\sin\Delta$$

und schreibt man aufserdem

$$\varrho^2=R^2+D^2+l^2$$

so wird das von der Resultante von X und Y um die Verticale ausgeübte Drehungsmoment seyn:

$$2\mu i Rl\int_0^\pi \frac{R\cos\Delta-(D\sin\Delta+l)\cos\varphi}{(\varrho^2+2lD\sin\Delta-2lR\cos\Delta\cos\varphi)^{\frac{3}{2}}}\,d\varphi.$$

Um den Ausdruck für das auf den zweiten oder Süd-Pol der Nadel ausgeübte Moment zu erhalten, verändere man erst l in $-l$, und dann das allgemeine Zeichen des vorstehenden Ausdrucks. Die Summe dieser beiden Ausdrücke giebt das elektrodynamische Doppelmoment (*couple électrodynamique*), das man nur noch dem terrestrischen

Doppelmoment, dessen Werth $=2M\mu l\sin\Delta$, worin M die absolute Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus, gleich zu setzen hat. Macht man nun zur Abkürzung:

$$R\cos\Delta=a,\quad l\sin\Delta=b$$

so findet man:

$$2M\mu l\sin\Delta=\frac{2\mu iRl}{\varrho^2}\left\{\begin{array}{l}\displaystyle\int_0^\pi \frac{a-b\cos\varphi-l\cos\varphi}{\left[1+\frac{2l}{\varrho^2}(b-a\cos\varphi)\right]^{\frac{3}{2}}}d\varphi \\ \displaystyle+\int_0^\pi \frac{a-b\cos\varphi+l\cos\varphi}{\left[1+\frac{2l}{\varrho^2}(b-a\cos\varphi)\right]^{\frac{3}{2}}}d\varphi.\end{array}\right\}$$

Entwickelt man die beiden Wurzelgröfsen nach wachsenden Potenzen von l, und erwägt, dafs

$$\int_0^\pi \cos^{2n}\varphi\, d\varphi=\frac{1.3\ldots 2n-1}{2.4\ldots 2n}\pi$$

$$\int_0^\pi (a-b\cos\varphi)(b-a\cos\varphi)^{2n}d\varphi$$

$$=\frac{2n+2}{2n+1}\int_0^\pi -\cos\varphi(b-a\cos\varphi)^{2n+1}d\varphi$$

$$\int_0^\pi -\cos\varphi(b-a\cos\varphi)^{2n+1}d\varphi$$

$$=\frac{1.3..2n+1}{2.4..2n+2}a\left\{\begin{array}{l}a^{2n}+\frac{n}{1}.\frac{2n+2}{1}a^{2n-2}b^2 \\ +\frac{n(n-1)}{1.2}.\frac{(2n+2)2n}{1.3}a^{2n-4}b^4\end{array}\right\}$$

dividirt darauf die beiden Glieder der obigen Gleichung durch $2\mu l\cos\Delta$, unter Erwägung, dafs

$$\frac{a}{\cos\Delta}=R$$

so kommt

$$M\tang\Delta=\frac{2\pi R^2 i}{\varrho^3}\left\{\left(1-\frac{3l^2}{2\varrho^2}\right)+\frac{3.5l^2}{2.2\varrho^4}\left(1-\frac{7l^2}{4\varrho^2}\right)(a^2+4b^2)\right.$$
$$\left.+\frac{3.5.7.9l^4}{2.2.4.4\varrho^6}\left(1-\frac{11l^2}{6\varrho^2}\right)(a^4+12a^2b^2+8b^4)+\ldots\right\}$$

Ersetzt man nun in dieser Gleichung:

$$\varrho \text{ durch } (R^2+D^2)^{\frac{1}{2}}\left(1-\frac{l^2}{R^2+D^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$a^2+4b^2 \text{ durch } R^2+(4D^2-R^2)\sin^2\Delta$$

$$a^4+12a^2b^2+8b^4 \text{ durch } R^4+2R^2(6D^2-R^2)\sin^2\Delta$$
$$+(R^4-12R^2D^2+8D^4)\sin^4\Delta\ldots$$

so erhält man eine Entwicklung, geordnet nach Potenzen von l und $\sin\Delta$.

Begnügt man sich mit den Gliedern in l^2, und vernachlässigt die in l^4, l^6.., so kommt:

$$i=\frac{M(R^2+D^2)^{\frac{3}{2}}}{2\pi R^2}\left\{1-\frac{3l^2(R^2-4D^2)}{4(R^2+D^2)^2}\right\}\times$$
$$\times\left\{1+\frac{15l^2(R^2-4D^2)}{4(R^2+D^2)^2}\sin^2\Delta\right\}\operatorname{tang}\Delta$$

oder einfacher:

$$i=K\left[1+G\left(\frac{1}{4}-\frac{D^2}{R^2}\right)\left(1-\frac{D^2}{R^2}\right)^{-2}\sin^2\Delta\right]\operatorname{tang}\Delta \quad . \quad . \ (1),$$

worin K und G immer positive Gröfsen sind, K blofs von M, R, D, und l abhängt, und G von R und l

Diese Formel zeigt, dafs i im Allgemeinen nicht der $\operatorname{tang}\Delta$ proportional ist. Für $\frac{D^2}{R^2}<\frac{1}{4}$ wächst die Intensität rascher als die Tangente; für $\frac{D^2}{R^2}=\frac{1}{4}$ wird die Intensität ihr proportional, abgesehen von den Gliedern in l^4, welche wir vernachlässigt haben; für $\frac{D^2}{R^2}>\frac{1}{4}$ endlich wächst die Intensität weniger rasch als die Tangente. Man kann sich Rechenschaft geben von diesen Veränderungen, wenn man setzt:

$$R=1,\quad z=\left(\frac{1}{4}-D^2\right)(1+D^2)^{-4}$$

und D als Abscisse und z als zugehörige Ordinate betrachtet. Dann findet man einen geometrischen Ort, welcher die Abscissenaxe in den Punkten $D=\pm\frac{1}{2}$ schneidet, drei Maxima oder Minima darbietet, ein positives Maximum $\frac{1}{4}$ entsprechend $D=0$, und die beiden Minima $-\frac{1}{8}$ entsprechend

$D = \pm\sqrt{\frac{3}{2}}$, und endlich vier Beugungspunkte, gegeben durch die Gleichung $D = \pm\frac{1}{2}\sqrt{7 \pm \sqrt{41}}$; zuletzt wird die Curve eine Asymptote zu den beiden Zweigen der Abscissenaxe. In dem Maafse also D zunimmt, geht der durch den Coëfficienten s gemessene Fehler von $\frac{1}{4}$ zu 0; er ist Null für $D = \frac{1}{2}R$, und, nachdem er negativ geworden, erreicht er für $D = \sqrt{\frac{3}{2}}R$ sein negatives Maximum $-\frac{1}{3}$, worauf er sich ins Unbestimmte der Null nähert. Diese Resultate sind genau dieselben wie die der Versuche des Hrn. Gaugain.

Im Fall die Tangentenbussole so eingerichtet wäre, dafs sie der Bedingung $R^2 - 4D^2 = 0$ genügte, könnte man sich fragen, wie grofs der von den Gliedern mit l^4 herrührende Fehler sey, der noch in der Proportionalität der Intensitäten mit den Tangenten der Ablenkungen stecken bleibt. Vernachlässigt man l^6 und setzt

$$D^2 = \frac{1}{4}R^2,\quad \varrho^2 = \frac{5}{4}R^2 + l^2$$

so findet man

$$i = \frac{M\varrho^3 \operatorname{tang}\Delta}{2\pi R^2}\Big[1 - \frac{3}{2}\frac{l^2}{\varrho^2} + \frac{15}{4}\frac{l^2 R^2}{\varrho^4}\Big(1 - \frac{7}{4}\frac{l^2}{\varrho^2}\Big) + \frac{3.5.7.9\, l^4 R^4}{2.2.4.4\, \varrho^8}\Big(\sin^2\Delta - \frac{3}{2}\sin^4\Delta\Big)\Big]$$

was man umformen kann zu

$$\left.\begin{aligned} i &= K \operatorname{tang}\Delta \Big[1 + \frac{3.5.7.9}{2.2.4.4}\cdot\frac{l^4 R^4}{\varrho^8}\sin^2\Delta\Big(1 - \frac{3}{2}\sin^2\Delta\Big)\Big] \\ i &= K \operatorname{tang}\Delta \Big[1 + \frac{3.5.7.9}{1.1.2.2}\Big(\frac{2l}{5R}\Big)^4 \sin^2\Delta\Big(1 - \frac{3}{2}\sin^2\Delta\Big)\Big] \end{aligned}\right\} (2).$$

So lange $\Delta < 64^\circ$, hat der Factor $\sin^2\Delta(1 - \frac{3}{2}\sin^2\Delta)$ einen geringeren Zahlenwerth als $\frac{1}{6}$; wenn folglich die Gröfse

$$\frac{1.3.5.7.9.2^4 l^4}{6.1.1.2.2.5^4 R^4} = \frac{126}{125}\frac{l^4}{R^4}$$

ein zu vernachlässigender Bruch ist, so giebt die Methode

des Hrn. Gaugain die Intensität mit sehr genügender Genauigkeit proportional der Tangente der Ablenkung.

Für eine Nadel z. B., deren magnetische Länge $2l$ gleich einem Fünftel des Durchmessers $2R$ wäre, würde der Fehler nicht $\frac{1}{600}$ übersteigen, und für $\frac{l}{R} = \frac{1}{6}$ wäre er etwa $\frac{1}{1250}$; diese Fehlergränzen scheinen für die Praxis sehr genügend zu seyn.

X. *Die Löwe'schen Ringe, eine Beugungs-Erscheinung; von W. Haidinger.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Sitzungsberichten d. K. Acad. zu Wien. Juli 1852.

Als ich geleitet durch die Erscheinung des Interferenz-Schachbrettmusters [1]) die gelben Farben der Polarisationsbüschel, und die begleitenden violettgrauen Räume als durch Beugung hervorgebracht bezeichnete, lag bereits eine weitere mir damals unbekannte Beobachtung über die Natur der gelben Farbe der Sectoren vor, die als eine unzweifelhafte Bestätigung der dort auseinandergesetzten Ansicht gelten darf. Hr. Professor Stokes hatte nämlich bereits im Jahre 1850 eine Untersuchung über die Wirkung der verschiedenen Arten des farbigen Lichtes auf die Erscheinung der Polarisationsbüschel in der Versammlung britischer Naturforscher zu Edinburg mitgetheilt [2]). Er betrachtete zu diesem Zwecke durch ein Nicol'sches Prisma, das abwechselnd rasch um einen rechten Winkel gedreht wurde,

1) Sitzungsberichte der kais. Academie der Wissenschaften. October 1851. (Diese Annal. Bd. 85, S. 350.)

2) *On Haidinger's Brushes*; *by Professor Stokes M. R. Report of the twentieth Meeting of the British Association for the Advancement of Science*; *held at Edinburgh in July and August* 1850. *Notices and Abstracts p.* 20.

die einzelnen Farbentöne eines Spectrums, das auf einem weifsen Papierblatt aufgefangen war, hervorgebracht durch ein zur Beobachtung der Fraunhofer'schen Linien mit einem Prisma combinirtes Fernrohr. Im Roth und im Gelb erschien keine Spur eines Büschels. Sie fingen erst im Grün, etwa bei der Linie *E* an, sichtbar zu werden. Sie waren besonders deutlich im Blau, vorzüglich bei der Linie *F*. Prof. Stokes konnte sie ungefähr bis zur Linie *G* verfolgen, und es schien ihm, dafs nur die Lichtschwäche verhinderte, sie noch im Violett zu sehen. Im homogenen Lichte waren die Büschel, wenn sie je erschienen, nur dunkler als das farbige Feld, aber von derselben Farbe. Im Blau erschienen sie bei Hrn. Prof. Stokes etwas kürzer als sonst.

Im weifsen Lichte, so schliefst Hr. Prof. Stokes, welches aus allen Farben zusammengesetzt ist, mufs daher die Farbe der Büschel aus Roth, Gelb, ohnedem der hellsten Farbe, und vielleicht etwas Grün bestehen, die zusammen gerade den nicht ganz reinen gelblichen Ton hervorbringen, den man in der That beobachtet. Weniger glücklich als der gelbe Ton der Büschel ist vielleicht das Blau (oder Grauviolet) der begleitenden Flecken erklärt, indem sie entweder dem Farbencontrast, oder dem Umstande zugeschrieben werden, dafs das den Büscheln abgängige Licht gerade denselben zur Seite gefunden werden mufs [1]).

Bei Kerzenlicht sieht man keine Büschel. Hr. Prof. Stokes sah sie deutlich, wenn er durch blaues Glas und das Nicol'sche Prisma hindurchsah. Durch das blaue Glas wird ein Theil der weniger brechbaren Strahlen des Kerzenlichtes absorbirt. Bei ziemlich dunkelblauem Glase erschienen nach Stokes die Büschel, statt gelb, roth. Dafs

1) *The blueness of the side patches may be merely the effect of contrast, or the cause may be more deeply seated. If the total illumination perceived be independent of the brushes, the light withdrawn from the brushes then must be found at their sides, which would account, independently of constrast, both for the comparative brightness and for ihe blue tint of the side patches.*

im Tageslichte durch das nämliche blaue Glas die Büschel nur dunkler, im Kerzenlichte aber deutlich roth erschienen, nicht sowohl durch Lichtintensität, als durch ihre Farbe verschieden, erklärt Stokes dadurch, dafs das Verhältnifs der rothen Strahlen gegen die blauen gröfser im Kerzenlicht, als im Tageslicht ist.

Farbige Gläser gaben ähnliche Erscheinungen; in rothen und gelben Gläsern kein Büschel. Grüne Gläser liefsen die Büschel fast deutlicher wahrnehmen, als das gleichförmige Wolkenlicht.

Bei einer Anzahl von farbigen Gläsern, bei farbigen Auflösungen habe ich Hrn. Prof. Stokes Beobachtungen vollkommen bestätigt gefunden, namentlich die Beobachtung beim Kerzenlichte durch blaues Glas. Die Erscheinung des rothen Büschels im Kobaltglase ist besonders merkwürdig. Sie hängt wohl mit dem Umstande zusammen, dafs das Kobaltglas bei einer gewissen Dicke alles Orange, Gelb und das meiste Grün bereits absorbirt hat, wie man sich leicht durch ein Prisma überzeugen kann, welches einerseits eine rothe Lichtflamme, anderseits die blaue, immer schwächer von Grün und Violett eingesäumt erscheinen läfst. Ist das Glas heller blau, so ist auch bei Kerzenlicht der Büschel gelb. Dagegen ist bei dunkelblauen Gläsern, auch wenn man gegen die Sonne sieht, und die dichroskopische Lupe zur Untersuchung anwendet, der Büschel deutlich roth; übereinstimmend mit den vorhergehenden Beobachtungen, hatte ich auf Hrn. Regierungsrath von Ettingshausen's Veranlassung längst die Erscheinungen der Büschel im homogenen Lichte zu untersuchen begonnen, aber weil die erste Beobachtung im homogenen gelben Lichte der Spiritusflamme kein besonderes Ergebnifs wahrnehmen liefs, andere Lichtarten nicht ferner untersucht. Erst kürzlich, und zwar bevor ich von der Mittheilung des Hrn. Prof. Stokes Kenntnifs hatte, untersuchte ich zu dem gleichen Zwecke die Auflösung des Kupferoxyd-Ammoniaks, die bekanntlich ein nahe homogenes Licht zeigt. Nach Sir John Herschel geht

diese schöne blaue Farbe in den dicksten Stellen in Violett über, so dafs der reine violette Strahl in allen Dicken durch eine solche Auflösung hindurchgeht. Ich beobachtete den Contrast der beiden Bilder mit einer dichroskopischen Lupe, indem ich durch eine mit der genannten Auflösung gefüllte länglich-viereckige Flasche hindurchsah. Nach den dickeren Stellen gesehen, erscheinen nun die Büschel, nicht wie etwa auf dem Blau des Himmels gelb auf blafsblauem Grunde, sondern auf dem reinen dunkelblauen Grunde vollkommen schwarz. Schwarz ist der Abgang alles Lichts; aber wenn in dem Blau der Auflösung schon kein Grün, kein Gelb, kein Roth mehr übrig war, was konnte sich für eine andere Erscheinung zeigen, als gerade die, dafs jede Farbe fehlt, und also der Büschel schwarz ist.

Mir scheint die Reihe der vorbemerkten Erscheinungen der Ansicht, dafs die Farbentöne der Polarisationsbüschel auf der Beugung des Lichtes beruhen, die vollständige Gewifsheit zu geben. In dem mehr gemischten Lichte, besonders in Weifs, erscheinen die gelben, kräftigen, hellern Töne auch in der Erscheinung der Büschel. Wo das schwächere Blau oder Violett fehlt, im Gelb, Roth, verschwindet das den Büschel begleitende, und ihn durch Contrast deutlicher hervorhebende Blau oder Violett ebenfalls, und man sieht das Feld einfach Gelb oder Roth. Im Gegentheile, wo das Gelb und Roth fehlt, sieht man freilich die begleitenden Räume um so deutlicher hervortreten, aber gerade da, wo der Büschel sich zeigen sollte, fehlt der Farbeneindruck gänzlich, der Büschel ist schwarz, und erst nach einiger Zeit gleicht sich die Empfindung des Auges wieder zu einem gleichförmig blauen Felde aus, welches indessen sodann die Netzhaut um so empfindlicher zurückläfst, den schwarzen Büschel in der Kreuzrichtung wahrzunehmen, wenn ihm die in dieser Richtung polarisirte Lichtfläche nun dargeboten wird.

Ich beabsichtige hier nicht alle Theorien zur Erklärung der Erscheinung der Polarisationsbüschel vergleichungs-

weise wieder durchzugehen, die in ihrer Zeit mehrfach besprochen worden sind. Nur der Ansicht des Hrn. Abbé Moigno glaube ich hier erwähnen zu müssen, weil sie an sich sehr annehmbar erschien, und bisher als auch neben andern Erklärungsarten gültig angenommen werden konnte, durch die neue Beobachtung aber eben so vollständig ausgeschlossen wird, als die übrigen bisher vorgeschlagenen Erklärungsarten durch anderweitige Betrachtungen bereits unstatthaft erschienen. Hr. Moigno betrachtete nämlich das Gelb der Büschel als durch das Maximum des Lichtes, das Violett als durch das dazu complementare Minimum hervorgebracht [1]), eine Ansicht, welcher ich gerne beipflichtete [2]), weil sie doch einige Rechenschaft über die Natur der Farbentöne zu geben schien. Allein man findet die Büschel im reinen Blau schwarz. Diefs ist nicht nur Abgang von Roth, Gelb und Grün, sondern es ist Abgang des Maximums vom Licht überhaupt. Die Form der Erscheinung bleibt, aber die Farbe verschwindet. Die Erklärung, dafs der Büschel durch das Maximum von Licht überhaupt hervorgebracht sey, findet sich also durch die neueren Beobachtungen von Stokes und von mir gänzlich ausgeschlossen.

Zur Beobachtung der schwarzen Büschel kann man anstatt des Contrastes der beiden Bilder der dichroskopischen Lupe auch sehr einfach und zweckmäfsig einer Turmalinplatte sich bedienen, welche man auf das die blaue Flüssigkeit enthaltende Fläschchen legt und mit den beiden Daumen von der Seite her fest hält, so dafs es vollkommen um den Azimuthalwinkel von 90° beweglich bleibt, um den es zur Hervorbringung des Contrastes der in zwei senkrecht auf einander stehenden Richtungen polarisirten Lichtflächen herumgedreht werden mufs. Man hält die ganze Gruppe fest vor das Auge und blickt gegen ein gleichförmiges Lichtfeld hin, am besten gegen einen gleichförmig grauen Wolkenhimmel.

1) *Répertoire d'Optique. IV.*
2) Pogg. Ann. Bd. 68, S. 74.

Als ich die Beobachtung das erstemal anstellte, war ich indessen kaum mehr über das Erscheinen der Büschel mit schwarzen Farben überrascht, als durch das gleichzeitige Hervortreten der Löwe'schen Ringe, und zwar in einem so innigen Zusammenhange, dafs sie in der That wie ein einziges aus einem Gusse mit den Polarisationsbüscheln hervorragendes Phänomen sich darstellten.

Die Erscheinung selbst ist in der Taf. IV. Fig. 1. beiläufig dargestellt. Zu Innerst die Erscheinung der schwarzen Büschel; aber gegen aufsen unmerklich verlaufend und gänzlich umgeben von dem rund herum zusammenhängenden Löwe'schen Ringe, der wie der Büschel auch im Blau am dunkelsten sich zeigt. Zieht man die Turmalinplatte zwischen dem blauen Kupferoxyd-Ammoniakfläschchen und dem Auge hinweg, so bleibt der Eindruck des Ringes allein noch übrig, verliert aber doch auch bei längerem Hindurchsehen an Intensität.

Die Löwe'schen Ringe sind noch bisher so wenig Gegenstand der Untersuchung der Physiker gewesen, dafs ich hier wohl das Wichtigste zur Charakterisirung derselben wiederholen darf, so wie ich die Nachricht am 1. Januar 1847 in einer Versammlung von Freunden der Naturwissenschaften [1]) gegeben habe. Hr. General-Probirer A. Löwe beobachtete, dafs wenn man durch ganz klare seladongrüne Auflösungen von Chromchlorid im Wasser gegen einen hellen Grund hinblickt, sich dem Auge genau in der Sehrichtung auf dem grünen Grunde violette Ringe darstellen, und das zwar stets von scheinbar gleicher Gröfse — mit der Iris des Auges vergleichbar, welche die Pupille umgiebt — man mag nun durch cylindrische oder flache von Ebenen begränzte Glasflaschen hindurchsehen, man mag sie ganz nahe vor das Auge halten oder sie in der Entfernung des deutlichsten Sehens dem Auge darbieten. Auflösungen von Chromalaun, von grünem mangansauren Kali bei seinem Uebergange in die rothe Färbung

1) Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien. Bd. II, S. 77. (Annal. Bd. 70, S. 403.)

durch Oxydation, zeigten analoge Erscheinungen; beim Chromalaun neigte sich die Farbe der Ringe in das Indigblaue. Kupferchlorid, essigsaures Kupfer gaben keine Ringe, sondern in der Sehaxe einen etwas lebhafter gefärbten helleren Fleck. Durch längeres Betrachten der Ringe erschienen auf abwechselnd betrachtetem weifsen Grunde die Erscheinungen subjectiver Farben.

Ringe erscheinen auch, wenn man durch Glasplatten hindurch sieht; man vermehrt ihre Lebhaftigkeit, wenn man sie allmälig neigt, so dafs man gewissermafsen durch eine während der Beobachtung immer dicker werdende Schicht hindurchsieht. Nach einer von Löwe angegebenen Methode bemerkt man die Ringe immer deutlicher, wenn man das gleichfarbige durchsichtige Feld erst in einiger Entfernung betrachtet und es dann nach und nach dem Auge näher bringt. Vergröfsert man die Entfernung, so wird gegentheils die Erscheinung eines etwas helleren, selbst eines complementaren Flecks hervorgebracht.

Ich glaubte damals für die Erklärung mit der Einwirkung des gleichfarbigen Gesichtsfeldes auf die Netzhaut des Auges durch Ermüdung desselben auszureichen, wobei namentlich bei den von Sir John Herschel sogenannten dichromatischen Mitteln der gereizte Theil aufserhalb rings um ein kleines Centralfeld liegend vorzugsweise für die Farbe des zweiten Farbenmaximums empfindlich würde.

Schon dort (p. 81) folgt die Stelle: »Aber auch solche Mittel, die nur ein Maximum haben, zeigen oft die Erscheinung der Ringe. Darunter mufs insbesondere die Auflösung von Kupferoxyd in Aetzammoniak erwähnt werden, deren schöne blaue Farbe in den dicksten Stellen nach Herschel in Violett übergeht, indem sie den reinen violetten Strahl in allen Dicken hindurchläfst. Hier erscheinen die Ringe dunkler, blau, etwas ins Violette geneigt. In gröfserer Entfernung vom Auge gehalten, ist eine gleich grofse Fläche dunkler, näher zum Auge gebracht, wird sie lichter, aber der Ring erscheint.«

Seit jener Mittheilung habe ich noch oft die Löwe'-

schen Ringe gesehen. Sehr auffallend schien es mir, als ich sie kurze Zeit darauf bei Hrn. Prof. Petzval in dem Blau des prismatischen Spectrum erblickte, welches durch ein Fernrohr zur Beobachtung der Fraunhofer'schen Linie gebildet, auf mattgeschliffenem Glase aufgefangen war. Hier war nicht an ein dichromatisches Mittel zu denken, eben so wenig als bei dem Kupferoxyd-Ammoniak.

Die Projection des Ringes auf einer durch das blaue Mittel betrachteten Fenstertafel läfst eine ziemlich entsprechende Messung zu. Die Entfernung fand ich etwa zwanzigmal so grofs als der Durchmesser des Ringes. Aus diesem Verhältnisse folgt die Winkelgröfse des Ringes 4° 50' übereinstimmend mit der Schätzung der Gröfse der Polarisationsbüschel von Silbermann 5° [1]) und mit der Schätzung derselben Büschel von Sir David Brewster zu 4° [2]).

Die letztere Stelle heifst »Die scheinbare Gröfse der Büschel ist etwa =4°, dieselbe wie die des *Foramen centrale,* und des von mir entdeckten schwarzen Fleckes von abweichender Empfindlichkeit.« Ich habe die Beschreibung dieser zuletzt angegebenen Entdeckung noch nicht aufgefunden, doch bezieht sich auf sie auch eine Stelle in Abbé Moigno's *Répertoire d'optique moderne.* Gewifs ist sie es, die mit der Erscheinung der Ringe übereinstimmt.

Aus der vollständigen Uebereinstimmung der Ringe im polarisirten und im gewöhnlichen Licht in ihrer Lage, und aus den ganz gleichen Farbentönen, welche sie in beiden zeigen, scheint hervorzugehen, dafs auch eine ganz gleiche Grundursache bei der Hervorbringung der Erscheinung beider im Auge thätig ist. Dafs die Beugung des Lichtes die Farbe der Polarisationsbüschel erklärt, ist, glaube ich durch die Erscheinung des Schachbrettes, durch die in der gegenwärtigen Mittheilung angeführten Arbeiten von Prof. Stokes und durch die »Schwarzen Büschel im Blau« hin-

1) *Comptes rendus etc. T. XIII, No.* 13, 28. Sept. 1846, S. 629.

2) Sitzungsberichte der kais. Academie der Wissenschaften. Math.-naturw. Classe, November-Heft 1850.

länglich fest begründet. Es blieben freilich noch mancherlei Versuche und Beobachtungen zu machen übrig, um die Verbindung mit den Ringen vollständig herzustellen und jedes Einzelne genügend nachzuweisen, dennoch glaube ich nicht anstehen zu dürfen, die oben erwähnten Beobachtungen bekannt zu machen und auf sie die Ansicht zu gründen, dafs auch die Löwe'schen Ringe durch die Beugung des Lichtes bedingt sind. Als ich im verflossenen Februar das Vergnügen hatte, Hrn. Wilhelm Wertheim bei mir zu sehen, sprach er die Ansicht aus, dafs die Gröfse der Pupille einen nicht unwesentlichen Einflufs auf die Erscheinung ausüben dürfte. Es ist diefs gewifs nicht unwahrscheinlich, aber ich untersuche es hier nicht weiter, so wie ich überhaupt mehr die bisherigen Erfahrungen den theilnehmenden Forschern in diesem schönen Gebiete der Physik darlegen wollte, als dafs ich alle die Arbeiten selbst unternähme, welche eine Aufklärung der mannigfaltigen Fragen versprechen, welche sich an das Bisherige anreihen.

In Verbindung mit der Erscheinung des Schachbrettes, und angeregt durch die schönen Beobachtungen der rothen Polarisationsbüschel im Blau von Hrn. Stokes, bei der Beobachtung derselben in blauem Kobaltglase von angemessenem dunklen Ton, will ich nur noch einiger Wahrnehmungen gedenken, die sich mir bei der Anwendung dieser Beobachtungen auf das Schachbrett und verwandte Erscheinungen darboten.

Man betrachte durch ein gesättigt blaues Kobaltglas, oder durch mehrere weniger gesättigte, bis man einen schönen dunklen Ton erhält, eine Kerzenflamme, die hinlänglich weit entfernt ist, um sie nur als helle Scheibe zu sehen. Die Anwendung einer Lupe erlaubt es, die Entfernung kleiner zu nehmen. Das Bild der hellen Scheibe selbst erscheint nun roth, aber sie ist von einem herrlichen blauen Rande eingefafst. Bringt man im Gegentheil die Flamme dem Auge näher als die deutlichste Sehweite, wobei man indessen wohl thut, nicht die ganze

Flamme auf einmal übersehen zu wollen, sondern man halte eine von einer runden kleinen Oeffnung durchbohrte Karte vor das Licht, so erscheint die Scheibe blau und ist von einem rothen Rande umgeben [1]). Die Erscheinung hat genau denselben Grund in der Beugung der Lichtstrahlen, wie die gelben und blauen Ränder der Begränzung von Weifs und Schwarz, welche die schöne Erscheinung des Schachbrettes hervorbringen, das im Octoberhefte des Jahrganges 1851 unserer Sitzungsberichte beschrieben ist. Eben so erscheint ein einzelner runder Punkt, etwa ¼ Linie grofs auf Schwarz, wenn man ihn dem Auge näher bringt als die deutlichste Sehweite, innen blau, umsäumt von Gelb. Entfernt man ihn jenseits der deutlichsten Sehweite, so erscheint er innen gelb, umsäumt von Blau. Die Beobachtung eines Lichtpunktes durch blaues Glas verändert die Natur der Erscheinung nicht, aber sie steigert die matteren Töne des blassen Gelb und unansehnlichen Blau zu dem herrlichen Gegensatze des tiefen gesättigten Granatroth und Lasurblau. Ausgezeichnet schön ist eben so die Beobachtung des Schachbrettmusters selbst durch das Stickpapier; auch hier erscheinen die herrlichsten rothen und blauen Töne, anstatt der gelben und bläulichen oder violettgrauen. Durch violettes Manganglas erscheint der Grund des Schachbrettes rosenroth, statt weifs, die farbigen abwechselnd dunklen Felder dazwischen, statt gelb und blafsblau, erscheinen roth und von einem schönen gesättigten Blau.

Die schwarzen Büschel kann man sehr schön und einfach auf folgende Weise beobachten. Man hält ein mit Kupferoxyd-Ammoniaklösung gefülltes Fläschchen vor das Auge, so dafs das ganze Gesichtsfeld gleichförmig dunkelblau erscheint und betrachtet fest einen Punkt des blauen Himmelsgewölbes, wo das Blau ziemlich stark polarisirt ist, und also dem blofsen Auge die gelben Büschel erscheinen würden. Gewifs ist sehr bald der Löwe'sche Ring sicht-

1) Ganz Analoges beschreibt Dove in Poggend. Ann. (1852) Bd. 85, S. 405, giebt aber eine andere Erklärung W. H.

bar. Ohne die Lage der Auflösung zu verändern dreht man nun den Kopf so, dafs man denselben Punkt unter einem Azimuthalwinkel von 90° sieht. Sogleich erscheint der schwarze Büschel, begleitet von dem Löwe'schen Ringe. Bei wiederholter Veränderung der Lage wird die Erscheinung immer deutlicher.

XI. *Versuche die relative Wärmeleitungsfähigkeit einiger Felsarten zu ermitteln;* *von G. v. Helmersen in St. Petersburg.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Mélanges physiques et chimiques T. I.* 1851.)

Man wufste zwar bisher, dafs die Felsarten überhaupt zu den schlechten Wärmeleitern gehören und hatte, sowohl bei ihrer Anwendung beim Bau, als auch bei Temperaturbeobachtungen in Bergwerken, erkannt, dafs einige derselben die Wärme besser, andere schlechter leiten; allein es mangelten genauere Untersuchungen über diesen, für die Wissenschaft, wie für die Praxis nicht unwichtigen Gegenstand. Despretz hatte bei seinen bekannten Versuchen zur Ermittelung der Wärmeleitungsfähigkeit einiger Metalle und anderer Körper, nur mit *einer* Felsart, mit Marmor operirt (*Ann de Chim. et de Phys. T.* 19 *et* 36). Es schien mir nützlich dergleichen Untersuchungen auch mit anderen Gesteinen vorzunehmen und besonders mit solchen, die eine gröfsere Verbreitung haben, wie Granit, Glimmerschiefer, Sandstein, dichter Kalkstein, Thonschiefer, Quarzfels u. s. w. Den Thonschiefer führe ich in der beifolgenden Tabelle noch nicht auf, welche nur über eine erste Reihe von Versuchen Rechenschaft giebt.

Durch die gefällige Vermittelung des Generals Tschewkin, ehemaligen Chefs des Stabes der Bergingenieure, erhielt ich das zu den Versuchen erforderliche Material, bestehend in rectangulairen Stangen von 18 Zoll engl. Länge,

XII. *Ueber elektrische Differenzen und über Faraday's Schwefel-Kalium-Kette;* *von R. Kohlrausch.*

(Nachtrag zu den Aufsätzen in diesen Annalen Bd. LXXIX. S. 177; Bd. LXXXII. 1 und 407.) [1])

In meinem »*Versuche zur numerischen Bestimmung der Stellung einiger Metalle in der Spannungsreihe*« [2]) habe ich im letzten Paragraphen die Ansicht ausgesprochen, dafs die durch die angewandten Methoden gewonnenen Zahlen erst noch der Bestätigung bedürften, indem es nothwendig erscheine, solche Condensatorplatten anzuwenden, welche unmittelbar vor dem Versuche gereinigt wären.

Um jener Untersuchung einen Abschlufs zu geben, habe ich deswegen Condensatoren gebaut, welche der verlangten Eigenschaft entsprachen, und allerdings gefunden, dafs meine früheren Zahlenangaben sowohl in Rücksicht der elektrischen Differenzen zwischen den Metallen, als auch der Differenzen zwischen Metallen und Flüssigkeiten einer Berichtigung bedürfen.

Diese Berichtigungen sind in (4) enthalten, während ich zunächst den jetzt benutzten Condensator kurz beschreibe. Die Schwierigkeiten, welche es macht, ein solches Instrument zu construiren, welches als trennende Schicht zwischen den Condensator-Platten nur Luft enthält, und welches dennoch bei der grofsen Annäherung dieser Platten die Garantie giebt, dafs die trennende Schicht bei jedem Ver-

1) Da die *Royal Society* einem englischen Physiker die Mittel zur Wiederholung meiner früheren Versuche zur Disposition gestellt hat, sehe ich mich genöthigt, diesen Nachtrag, so unvollständig er ist, schon jetzt zu geben. Er liegt bereits seit anderthalb Jahren und wartet auf Vervollständigung, doch haben mich interessantere Untersuchungen aus diesem Gebiet gedrängt, da eine genauere Bestimmung der Zahlen schwerlich einen practischen Zweck hat, das Theoretische mir aber trotz der ungenauen Zahlen ziemlich versichert erscheint.

2) Diese Ann. Bd. LXXXII. S. 1.

Versuche dieselbe Dicke behalte, mag diese Beschreibung rechtfertigen.

1. Beschreibung des Condensators.

Die Fig. 3 Taf. IV. zeigt den Condensator, und es wird nur weniger Erläuterungen zu der Zeichnung bedürfen.

Das Fufsbrett *a* ist 20,5 Zoll lang, 7 Zoll breit und 1,5 Zoll dick, woraus sich die übrigen Dimensionen nach der Zeichnung ungefähr ergeben. Von den 4 Füfsen ist der eine kürzer, damit hier eine Stellschraube die Unterstützung am vierten Punkte erleichtere.

Von den beiden Haltern der Condensatorplatten ist der eine, *c*, fest zu denken, der andere, *b*, beweglich.

Mittelst zwei an seinen Enden unterhalb angebrachter Gabeln reitet oder gleitet dieser bewegliche Halter auf einem in der Mitte des Fufsbrettes befestigten dreiseitigen Prisma von Stahl, durch sein Gewicht hinlänglich fest im Sitz erhalten und gegen das seitliche Kippen durch zwei Stellschrauben geschützt, welche auf zwei Linealen von Messing gleiten. Ein Gewichtsstück zieht durch eine über Rollen geleitete leinene Schnur den Halter *b* nach dem Halter *c* hin, sobald man den Haken der Feder *d* hebt, während am Griffe *e* die Hand das Gleiten mäfsigt oder die entgegengesetzte Bewegung ausführt. Der Haken der Feder *d* und das Gewichtsstück bewahren den getrennten Condensatorplatten eine ganz bestimmte und unveränderliche Entfernung, was für die Messungen von Wichtigkeit ist.

Der Halter *c* ist bei *f* durch Spindel und Mutterschraube auf dem Fufsbrette befestigt, doch so, dafs er aufser einer drehenden Bewegung auch ein geringes Neigen nach vorn und hinten und nach den Seiten gestattet, um die Möglichkeit zu geben, die Condensatorplatten einander parallel zu stellen. Das Drehen wird durch eine gegen den Pfosten *i* sich stemmende starke stählerne Spiralfeder und die entgegengesetzte Stellschraube *k* bewirkt; das Neigen vorn-

über durch die Stellschraube *g* und eine ihr entgegen wirkende starke Spiralfeder, welche im Fuſsbrette gehalten und durch die Schraubenmutter *h* angezogen wird; das seitliche Neigen durch die beiden andern Stellschrauben vorn.

In die Halter *b* und *c* sind messingene cylindrische Kasten eingelassen und an ihnen durch Schrauben befestigt, in welche durch Hülfe eines Sandbades mit gutem reinem Schellack die Träger der Condensatorplatten eingekittet sind. Die Kasten haben 1,75 Zoll Weite, die Träger 4 Linien Dicke, die Condensatorplatten 6 Zoll Durchmesser und etwas über 1 Linie Dicke. Auf letztere ist in der Mitte eine niedrige Platte mit Schraubenspindel gelöthet, welche zum Anschrauben an die Träger dient. So können leicht die Platten abgeschroben, auf einer Drehbank gereinigt und wieder angeschroben, oder auch bloſs mit anderen vertauscht werden, wobei man sich immer reiner Handschuh zu bedienen hat.

Bei der Annäherung der Condensatorplatten tritt ein Schraubenkopf des in den Halter *b* eingeschrobenen Messingpfostens *n* gegen den Pfosten *m* und es ist leicht zu sehen, wie man den Grad der Condensation durch Regulirung am Schraubenkopfe *n* in der Gewalt hat.

2. Gebrauch des Condensators.

Um die Ladungen des Condensators und die Uebertragung dieser Ladungen an das Elektrometer bequem bewerkstelligen zu können, dient ein kleiner Apparat Fig. 4 Taf. IV.

Ein hölzerner, mit Blei ausgegossener Klotz trägt eine Anzahl isolirter Quecksilbernäpfchen und ebenso eine Anzahl Kupferhaken, um diese Näpfchen mit der Erde verbinden zu können. In der Figur ist die Einrichtung so getroffen, daſs gleichzeitig mit zwei Condensatoren gearbeitet werden kann.

Was die am Rande befindlichen fünf Quecksilbernäpfchen betrifft, welche wie Spielkegel aussehen, so steckt *ihr unterer* hölzerner Theil im Klotz und wird durch seit-

liche Klemmschrauben in der richtigen Höhe erhalten; der mittlere etwas hellere Theil stellt das Schellack vor; das Messingnäpfchen selbst trägt an der Seite einen hervorragenden Stift.

In den Trägern der Condensatorplatten sind durch Klemmschrauben feine Drähte befestigt, die mittelst eines kleinen angelötheten Ringes an die Stifte der Quecksilbernäpfchen o, o' gehängt werden. Das eintauchende Ende der Drähte ist amalgamirt.

Die beiden mittleren ebenfalls isolirten und mit Klemmschrauben versehenen Näpfchen haben unten Messingschrauben, welche in den Klotz eingeschroben sind. Mit diesen Näpfchen werden durch die Drähte q, q' die Pole der constanten Kette (vergl. diese Ann. Bd. LXXXII. S. 10, c) verbunden.

Die Kupferhaken sind in geschlitzten Holzsäulchen beweglich. Werden sie in das Quecksilber getaucht, so ist das betreffende Näpfchen nach der Erde abgeleitet, denn das andere Ende des Hakens ist durch einen zwischengelötheten feinen Spiraldraht mit einem metallischen Kreuze in Verbindung, welches seinerseits durch die Fortsetzung r mit der Erde communicirt.

Der Draht p verbindet das Quecksilbernäpfchen p' mit dem Zuleitungsdrahte des Elektrometers, unter welchem das Dellmann'sche (d. Ann. Bd. LXXII. S. 353 u. Bd. LXXIV. S. 499) zu verstehen ist.

Der Gebrauch des Condensators ist nun sehr einfach. Sey z. B. s eine Zinkplatte, t eine Kupferplatte, q' der Draht, welcher zum Zinkpole der Daniell'schen Kette führt, q der zum Kupferpole führende, so erfordert die in dem zuerst citirten Aufsatze angegebene Methode zur Bestimmung der elektrischen Differenzen der Metalle die Messung dreier verschiedener Ladungen des Condensators, erstens wenn die Condensatorplatten unmittelbar mit einander verbunden werden, zweitens, wenn die Ladung durch Verbindung der Zinkplatte mit dem Zinkpole der Daniell'schen Kette und der Kupferplatte mit dem Kupferpole

geschieht, und drittens, wenn diese Verbindung umgekehrt gemacht wird.

Das erste erreicht man, wenn man die Näpfchen *o* und *o'* metallisch verbindet, das zweite, indem man diese Näpfchen mit den beiden mittleren durch eine kleine Vorrichtung *v*, und das dritte, wenn man sie durch die Vorrichtung *w* verbindet. Die Enden der Drähte in diesen aus zwei Drähten, Schellack und Holz bestehenden Vorrichtungen sind amalgamirt.

Man verfährt so, dafs man, während die Condensatorplatten noch weit von einander stehen, die Näpfchen *z*, *o'* und *p'* isolirt, die Platten einander nahe bringt, die erwähnten Verbindungen auf einen Moment herstellt, die Platten wieder entfernt, das nicht zu prüfende Näpfchen *o* oder *o'* ableitet (um von der auf der anderen Platte befindlichen Elektricität nicht überflüssig viel zu binden) und durch eine dem *v* oder *w* ähnliche aber nur zweibeinige Vorrichtung das zu prüfende Näpfchen mit dem *p'* verbindet. Dann setze man auch sogleich die geprüfte Condensatorplatte mit der Erde in leitende Verbindung, damit die auf ihr und ihrem Träger aufgehäufte Elektricität nicht zu lange auf das den letztern isolirende Schellack einwirke. Endlich wird im Elektrometer abgelesen.

Der Vorsicht wegen habe ich zwischen dem Gebrauche die zwei- und vierbeinigen kleinen Verbindungs-Vorrichtungen mit den amalgamirten Füfsen in einen Quecksilberhorizont gestellt.

3. Vorzüge und Fehler dieses Condensators.

Aufserdem, dafs dieser Condensator den Zweck erreichen läfst, frisch gereinigte Platten anzuwenden, besitzt er den Vorzug einer wirklich exemplarischen Bequemlichkeit und einer vollkommnen Sicherheit im Gebrauche, was wenigstens die Uebereinstimmung in den Messungen anbetrifft. Einige Procente beträgt bei solchen elektrischen Messungen der Beobachtungsfehler immer sehr leicht, namentlich wenn man zu schnell hinter einander mifst, und

das fällt auch hier nicht weg; aber man hat nicht leicht zu fürchten, dafs durch Fingerfehler die Messungen verunglücken.

Dagegen habe ich bemerkt, dafs bei dem Anschrauben der Platten, wobei einiger Druck gegen das den messingenen Träger haltende Schellack nicht leicht zu vermeiden ist, auf geringe Zeit einige Einwirkung zu Gunsten einer der Elektricitätsarten erfolgen kann, welche für die nächsten Messungen schädlich ist. Es wird auch nöthig nach längerem Gebrauche die Oberfläche dieses Schellacks zu säubern, wozu ich mich des Löthrohrs bedient habe, mittelst dessen, nach Abwischung des Staubes, aus hinreichender Entfernung diese Oberfläche ein wenig zum Schmelzen gebracht wurde.

Bei dieser Gelegenheit mag es gestattet seyn, eine Vermuthung auszusprechen, über den eigentlichen Grund, weshalb alle Condensatoren, welche zur Messung der Spannung so schwacher Elektricitätsquellen dienen, sich je nach den Tagen bald ein wenig zu Gunsten der einen, bald zu Gunsten der anderen Elektricitätsart aussprechen, ein Umstand, über den ich an mehreren Stellen mich bereits geäufsert und den ich die Parteilichkeit des Condensators genannt habe.

Ein Grund derselben liegt bei gleichen oxydirbaren Platten offenbar in dem bei beiden Platten nicht gleichzeitig erfolgenden allmäligen Oxydiren derselben, wodurch (nach 4) die Oberflächen eine elektrische Differenz gegen die darunter befindliche Metallschicht bekommen. Einen anderen Grund möchte ich hier, jedoch nur vermuthungsweise, aussprechen.

Befestigt man an dem festen oder beweglichen Halter hinter einer der Condensatorplatten eine geriebene Schellackmasse, welche während der oben angegebenen Messungen immer an ihrem Platze bleibt, so findet man die Resultate der Messung in gewisser, aber immer noch unerwartet geringer Weise modificirt. Je nachdem das geriebene Lack hinter der positiven oder der negativen Platte

steht, ändern sich diese Einflüsse zu Gunsten der einen oder der anderen Elektricitätsart, wie sie denn auch natürlich in der Gröfse variiren, wenn man das Lack mehr oder weniger stark elektrisirt hat. Die Erscheinung enthält nichts räthselhaftes, wenn man die einzelnen Vorgänge bedenkt, namentlich, dafs weder die Daniell'sche Kette, noch der die Platten unmittelbar verbindende Draht isolirt sind. Isolirt man z. B. letzteren, so wird die Einwirkung des Lacks viel bedeutender.

Nun könnte ich mir wohl folgendes denken. Der Natur der Sache nach steht das Elektrometer vor einem Fenster und die Condensatoren befinden sich in dessen Nähe. Das Haus ist auf seiner äufseren Oberfläche je nach der Beschaffenheit des Himmels mehr oder weniger stark elektrisch, wenn nicht besondere Wolken einwirken, fast immer negativ. Diese Elektricität sollte billig auf die im Innern des Hauses befindlichen Apparate nicht einwirken, jedoch würde sie diefs gewifs thun müssen, wenn das Fenster offen wäre, diese Apparate also dadurch mit zur Oberfläche des Hauses gehörten. Wer kann aber behaupten, dafs aufsen auf einem geschlossenen Fenster die Elektricität gerade so wie auf dem übrigen Hause verbreitet sey, dafs überhaupt das Glas gar keine Rolle spiele? Hier scheint eine Fehlerquelle gesucht werden zu können. Der häufig sich bemerklich machende Zusammenhang zwischen dem Wechsel des Wetters und den geringen Aenderungen der gemessenen elektrischen Werthe hat mich auf die ausgesprochene Vermuthung geführt, der ich jedoch, weil deshalb angestellte directe Versuche nicht entscheidend genug ausfielen, einen besonderen Werth durchaus nicht beilege.

4. Berichtigungen früher von mir angegebener Zahlen für die elektrischen Differenzen.

A. Man weifs, dafs das Eisen, wenn es nach vollkommener Reinigung seiner Oberfläche kurze Zeit der Luft ausgesetzt gewesen ist, gegen eine frisch gereinigte Oberfläche negativ erscheint. Wenn dieselbe Erscheinung bei

Condensatoren von anderem Metalle, z. B. von Zink oder auch von Kupfer, ebenfalls sich einstellt, so ist klar, dafs die von solchen Condensatorplatten angegebenen elektrischen Differenzen ihrer Gröfse nach abhängig sind von der Zeit, welche zwischen dem Reinigen der Platten und den angestellten Messungen verflossen ist. Werden nun, wie das bei meiner früheren Einrichtung der Condensatorplatten der Fall war, die Platten stark erhitzt, um das zum Isoliren erforderliche, bei hoher Temperatur erst sich fester mit der Platte verbindende Lack aufzuschmelzen, so ist begreiflich, dafs die Oxydation beschleunigt werden konnte, so dafs die untersuchten Platten ziemlich von Anfang an eine constante Differenz zeigten, aber nicht die, welche ihnen im gereinigten Zustande zukommt.

Bei den neuen Condensatoren, deren ich immer zwei zugleich zur Controle benutzte, stellte sich nun sogleich heraus, dafs eine oxydirte Zinkplatte negativ gegen eine frisch gescheuerte war, und dafs dieselbe Eigenschaft dem Kupfer zukommt, dafs aber der Procefs der Oberflächenveränderung beim Kupfer langsam, beim Zink rasch vor sich geht.

Ist eine Zinkplatte auf der Drehbank blofs trocken mit Smirgelpapier abgerieben und unmittelbar nachher die Ladung zwischen ihr und einer oxydirten Zinkplatte gemessen, so bemerkt man schon nach einigen Minuten eine geringe Abnahme dieser Ladung. Hat man aber erst mit Oel, dann trocken geschliffen und endlich fest mit einem leinenen Tuch abgerieben, so hält sich, weil wohl noch immer eine dünne Fettlage auf dem Metalle sitzt, der Zustand vielleicht bis zu einer halben Stunde unverändert und es erfolgt nun, scheinbar sprungweise, die Aenderung, nach einer Reihe von Tagen immer noch bemerkbar.

Sehr langsam im Vergleich zum Zink oxydirt sich das Kupfer, auch erreicht die oxydirte Kupferplatte gegen die reine nicht den Grad von Negativität, wie die oxydirte Zinkplatte gegen die reine. Die Differenz zwischen einer Zink- und einer Kupferplatte nimmt also von dem Mo-

mente, wo sie gescheuert waren, eine lange Zeit hindurch beständig ab.

B. Aus dem Gesagten ergiebt sich, daſs meine frühern Zahlen für die elektrischen Differenzen zwischen Zink und den edlen Metallen gegen die zwischen Zink und Kupfer gefundene zu klein müssen gewesen seyn. In der That fand ich jetzt, wenn die Differenz zwischen Zink und Kupfer gleich 100 gesetzt wird, im Mittel für Zink und Silber 109, für Zink und Gold 115, für Zink und Platin 123, doch wage ich nicht, diese Zahlen auf ein paar Einheiten zu garantiren.

Vergleicht man dieselben mit den früher gegebenen, so sieht man nicht nur die Veränderungen der früher gebrauchten Zinkplatte während der Reihe von Tagen, sondern es erklärt sich auch, wie ich Gold negativer finden konnte als Platin. Das Platin stand nämlich damals schon lange einer Zinkplatte gegenüber, denn es waren die Versuche des §. 4 des citirten Aufsatzes schon mit diesem Condensator angestellt. Das Gold wurde in den anderen Condensator gebracht und einer Zinktafel gegenüber gestellt, welche kürzlich erst gereinigt war. So konnte sich die Differenz beim Golde gröſser als beim Platin ergeben.

C. Der Einfluſs, welchen die Flüssigkeiten auf die Constituirung der elektromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette ausüben, ist geringer, als ich ihn früher (diese Ann. Bd. LXXIX. S. 185, *a*) angegeben habe. Er beträgt nach Untersuchungen mit ganz reinen Platten ungefähr $\frac{1}{4}$ von der elektrischen Differenz zwischen Zink und Kupfer. Suchen wir den Grund, warum früher dieser Einfluſs so viel höher erschien, in der Oxydation der Zinkplatte allein und bezeichnen die elektrische Differenz zwischen Zink und Zinkoxyd mit $\mathrm{Zn} \mid \dot{\mathrm{Zn}}$, so läſst sich diese letzte Gröſse berechnen. Wir haben dann nach der neueren Messung

$$\mathrm{Zn} \mid \mathrm{Cu} : (\mathrm{Zn} \mid \dot{\mathrm{Zn}}\ddot{\mathrm{S}} - \mathrm{Cu} \mid \dot{\mathrm{Cu}}\ddot{\mathrm{S}}) = 4 : 1$$

während die an der citirten Stelle befindliche Gleichung geschrieben werden mufs:

$$(\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}-\mathrm{Zn}\,|\,\dot{\mathrm{Zn}}):(\mathrm{Zn}\,|\,\dot{\mathrm{Zn}}\dddot{\mathrm{S}}-\mathrm{Cu}\,|\,\dot{\mathrm{Cu}}\dddot{\mathrm{S}}+\mathrm{Zn}\,|\,\dot{\mathrm{Zn}})=4{,}17:4{,}51.$$

Daraus berechet sich $\mathrm{Zn}\,|\,\dot{\mathrm{Zn}}=0{,}399\,\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}$, was mir darum nicht unmöglich erscheint, weil ich bei Zinkplatten, welche nicht erhitzt, sondern nur etwa zwei Tage der Luft ausgesetzt waren, gewifs also noch nicht über und über sich oxydirt hatten, schon etwa die Hälfte von dieser Zahl gefunden habe. Es handelt sich hier aber um Oberflächenveränderungen, deren Natur schwer festzustellen ist, auch müfste, wenn diese Zahl für $\mathrm{Zn}\,|\,\dot{\mathrm{Zn}}$ einigen Werth bekommen sollte, noch die Beschaffenheit der Kupferplatte festgestellt seyn, was nicht mehr auszuführen ist. Es sollte diefs nur zur Erläuterung dienen, woher die grofsen Unterschiede in der Bestimmung des Einflusses der Flüssigkeiten rühren.

Berechnet man nun nach dem jetzigen Ergebnisse und der Methode des §. 2 der citirten Abhandlung die Differenzen zwischen Zink und Zinkvitriol, sowie zwischen Kupfer und Kupfervitriol, so ergiebt sich, wenn man, wie dort S. 189 geschehen ist, $\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}=4{,}17$ setzt, $\mathrm{Zn}\,|\,\dot{\mathrm{Zn}}\dddot{\mathrm{S}}=3{,}106$ und $\mathrm{Cu}\,|\,\dot{\mathrm{Cu}}\dddot{\mathrm{S}}=2{,}071$.

D. Darnach erfahren die im §. 3 der genannten Abhandlung gemachten Bemerkungen einige Modificationen, und ebenso die Zahlen für die Bildung der elektromotorischen Kraft der Grove'schen Kette (diese Ann. Bd. LXXXII. S. 407), ohne dafs jedoch meine Erklärung dieser dadurch beeinträchtigt würde. Meine übrigen, mit dem Condensator angestellten Messungen werden durch die neueren nicht afficirt.

5. Bemerkung über das Schwefel-Kalium als Elektromotor.

Bekanntlich hat Faraday Versuche mit einer aus Eisen, Platin und Schwefel-Kalium construirten Kette gemacht, aus denen er den Schlufs zieht, dafs zu der elektromotorischen

Kraft einer Hydrokette die Berührung der Metalle nichts beitrage. Es interessiren daher wohl folgende Versuche.

In ein Glas mit Schwefelkalium wurde mit Hülfe der Wippe (diese Ann. LXXV, p. 221, §. 2) eine Eisenplatte und eine Platinplatte getaucht. War in diese Kette ein Galvanometer eingeschaltet, so wurde, grade wie Faraday es beschreibt, die Nadel im Momente des Eintauchens abgelenkt, kam bald wieder fast genau auf ihren vorigen Stand, zeigte mir aber fortwährend ein Minimum von einem Strome an.

In den Condensator war eine Eisenplatte und eine Platinplatte gesetzt. Nun war es vollkommen (d. h. innerhalb der Schwankungen von einem Procent), gleichgültig, ob man die beiden Condensatorplatten unmittelbar metallisch mit einander verband, oder ob man sie, während der winzige Strom durch die Wippe momentan unterbrochen wurde, mit der Eisen-Platin-Kette lud, und zwar war es auch hier gleichgültig, ob man die Eisenplatte des Condensators mit dem Eisen der Kette und das Platin des Condensators mit dem Platin der Kette verknüpfte, oder ob die Verbindung umgekehrt gemacht wurde. Die Kette wirkte nicht anders als wie ein in die Spannungsreihe gehöriger Körper, wie ein Draht. Die Eisenplatte des Condensators wurde in allen Fällen gleich stark positiv, die Platinplatte negativ. Dagegen wurden Condensatorplatten aus homogenem Metalle gar nicht geladen.

Man braucht aber nicht zu glauben, dafs die Erklärung dieser Erscheinungen erfordere, dafs die Oberflächen der Condensatorplatten nun wirklich reines Eisen und Platin gewesen seyen. Wir würden dasselbe erhalten haben, wenn der Condensator aus Zink und Kupfer bestanden hätte.

Im Ganzen folgt nämlich nur, dafs hier der Einflufs F der Flüssigkeiten auf die eingetauchten Metalle nicht Null war, sondern eben die elektrische Differenz von reinem Platin und Eisen angab. Betrachtet man dann z. B. die Ladung einer Zinkplatte am Condensator von der Kupferplatte aus, während Kupfer mit Eisen und Zink mit Pla-

tin verbunden sind, so ergiebt sich die algebraische Summe der elektrischen Differenzen

$$+ Cu | Fe - F + Pt | Zn$$

und setzt man Pt | Fe statt F, so geht diefs über in

$$+ Cu | Fe - Pt | Fe + Pt | Zn$$
$$= + Cu | Fe - Pt | Fe + Pt | Fe + Fe | Zn = + Cu | Zn.$$

verbände man aber umgekehrt, so entstände

$$- Cu | Pt + F + Fe | Zn$$

oder statt dessen

$$- Cu | Pt + Pt | Fe + Fe | Zn = - Cu | Pt + Pt | Zn = + Cu | Zn.$$

Würde man in das Schwefel-Kalium andere Metalle eingetaucht haben, so wäre es recht gut gedenkbar, dafs diese Metalle, wenn sie nicht chemisch sich mit dem Schwefel-Kalium verbinden, durch den anfänglich entstehenden Strom der geschlossenen Kette eine Polarisation erfahren, welche das F so grofs macht, dafs es gerade wieder der elektrischen Differenz dieser Metalle gleich ist. Untersuchenswerth mag aber dieser Punkt immer noch seyn.

Marburg im Febr. 1853.

XIII. *Ein einfacher Apparat zur Veranschaulichung des Foucault'schen Beweises für die Umdrehung der Erde; von Dr. Erler.*

Herr Silvestre hat der Pariser Academie im vorigen Jahre einen Apparat vorgelegt, welcher eine vollkommen genaue Anschauung von der scheinbaren Bewegung der Schwingungsebene des Pendels während der Rotation der Erde für jeden Horizont gewährt. Nachdem ich nur eine ganz flüchtige Kenntnifs von dem Berichte über denselben hatte nehmen können, habe ich einen ähnlichen anfertigen

lassen, welcher, wie ich gegenwärtig aus den *compt. rend.* *t.* 23 *p.* 40 ersehe, mit jenem wahrscheinlich vollkommen übereinstimmt. Da derselbe aber nicht so bekannt zu seyn scheint, als er es bei der Wichtigkeit des Gegenstandes und dem Wunsche, die Erscheinung durch einen einfachen Apparat allgemein zu veranschaulichen, verdient, so erlaube ich mir, ihn hier so zu beschreiben, wie er in meinen Händen ist.

xx (Taf. IV, Fig. 5) ist ein Meridiankreis, in der Messinghülse *p* befestigt, welche sich mit ihm um die feste verticale Axe *q* vermittelst der Schraube ohne Ende *r* drehen läſst; Marken auf *p* und *q* geben eine Drehung um 90° an. Der Quadrant *ef* ist durchbrochen und mit einer Gradeintheilung versehen, die die geographische Breite bezeichnet. In dieser Durchbrechung lassen sich zwei streng passende Stifte verschieben, die mit dem Stahlstabe *om* verbunden sind und in jeder Lage festgeschraubt werden können. *om* bildet die Axe der festen Scheibe *dd*, welche mit Gradeintheilung versehen ist, und der darunter befindlichen, leicht drehbaren Scheibe *cc*, an welcher ein Zeiger *n* befestigt ist, der über *dd* hinübergreift. Der Mittelpunkt von *cc* muſs genau der Mittelpunkt von *xx* seyn. Ferner läſst sich in der Axe *q* der Fuſs eines genau ebenen und zum Fuſs senkrechten Tellers *aa* verschieben und in einer bestimmten Stellung festschrauben. Ist der Stab *om* für eine gewisse Breite befestigt, so wird der Teller der Scheibe *cc* bis zur vollständigen Berührung genähert und festgeschraubt. Dreht man dann vermittelst *r* den Kreis *xx* und dadurch auch *om*, *dd* und *cc* von *O* nach *W*, so wird die Scheibe durch Reibung an dem Teller *aa* zurückgehalten, sich um die Axe *om* von *W* nach *O* drehen und der Zeiger *n* auf der festen Scheibe *dd* die Gröſse der Drehung anzeigen. — Es ist sichtbar, daſs *xx* einen Meridian der Erde, *f* den Pol derselben, *om* die Richtung des ruhenden Pendels für den Ort $\overset{\circ}{x}$, *dd* den wahren Horizont des Orts bezeichnet, und daſs die durch *r* hervorgebrachte Drehung der Rotation der Erde entspricht. Stellt dann *omn* die

Lage der Schwingungsebene des Pendels dar, so giebt die Bewegung des Zeigers *n* auf der Scheibe *dd* genau die scheinbare Drehung jener Ebene an. Wie nämlich die Schwingungsebene des Pendels durch das Beharrungsvermögen in ihrer Lage zurückgehalten wird, so geschieht dasselbe hier durch die Reibung; die Wirkung, wenn gleich durch verschiedene Kräfte hervorgebracht, ist dieselbe und daher auch die daraus hervorgehende Bewegung. Uebrigens verhält sich die Drehungsgeschwindigkeit von *xx* zu der von *cc*, wie $mb:ab = 1:\sin bam$; *bam* aber ist $= ome$, der geographischen Breite. — So stellt der Apparat die tägliche Umdrehung der Erde, die konische Bewegung des ruhenden Pendels für jede Breite, und die scheinbare, dem Sinus der Breite proportionale Drehung der Schwingungsebene um die Verticale des Horizontes dar. — Um den Apparat auch für den Pol brauchbar zu machen, befindet sich unterhalb der Scheibe *cc* ein Stift, der in eine Oeffnung des Tellers pafst und, wenn der Apparat für den Pol eingestellt ist, die Drehung der Scheibe *cc* hindert. — Der Apparat ist höchst sauber von Hrn. W. Langhoff hierselbst ausgeführt worden; die Gröfse der Durchmesser von *xx*, *cc*, *dd* und *aa* beträgt 12, 5, 6, $6\frac{1}{2}$ Centimeter.

Berlin, Febr. 1853.

XIV. *Elementarer Beweis von der Drehungsgeschwindigkeit der Schwingungsebene eines Pendels unter verschiedenen Breiten; von Hrn.* Crahay,

Mitglied d. Acad. d. Wiss. zu Brüssel.

(*Bull. de l'acad. etc. de Bruxelles*, 1852, *T. XIX. pt. I. p.* 537.)

Die gegenwärtige Notiz, hat blofs den Zweck, die Beziehung, welche zwischen der Drehungsgeschwindigkeit der Oscillationsebene und der Breite des Beobachtungsortes stattfindet, mit Hülfe der Elementar-Mathematik nachzu-

weisen. Ich betrachte das Phänomen in seiner gröfsten Einfachheit, ohne mich mit den Ursachen zu beschäftigen, welche die Drehung der Ebene, deren Winkelgeschwindigkeit um die Lothrechte ich als constant annehme, periodisch abändern können. In der Arbeit meines geehrten Collegen, des Hrn. Schaar, ist die Aufgabe von allen Seiten gründlich behandelt worden [1]).

Es sey $PEP'F$ (Fig. 6 Taf. IV) ein Durchschnitt der als Kugel angenommenen Erde durch eine Meridian-Ebene, O sein Mittelpunkt, PP' die Drehungsaxe, und L ein Ort unter der Paralle ELF in der nördlichen Halbkugel. Die Gerade OLl repräsentirt für einen gegebenen Zeitpunkt die Lage der Verticale des Orts, dessen Meridiankreis PLP' ist, während die Gerade LM, die in L winkelrecht zur Verticale ist, in der Meridian-Ebene liegt, die Mittagslinie des Ortes vorstellt, und die Verlängerung der Axe in M schneidet.

Im Laufe eines Sterntages beschreiben, vermöge der Rotation der Erde, die Lothrechte Ol und die Mittagslinie ML, um die Axe PP', gerade Kegelflächen, die den Kreis EF zur gemeinschaftlichen Grundfläche haben und deren Scheitel respective in O und M liegen. Nach einer gewissen Zeit, die wir als sehr kurz voraussetzen, wird der Ort L den Bogen LL' des Parallelkreises durchlaufen haben, so dafs sich die Lothrechte des Ortes in $OL'l'$, der Meridian desselben in $PL'P'$ und die Mittagslinie in $L'M$ befindet.

Angenommen, beim Abgang von L habe sich die Schwingungsebene in der Meridian-Ebene befunden d. h. in derjenigen Ebene, die durch die Lothrechte Ol und die Mittagslinie LM geht. Diese Schwingungsebene würde sich selbst immer genau parallel bleiben, trotz sie durch die Axendrehung der Erde im Raume fortgeführt wird, wenn nicht die Schwerkraft sie beständig nöthigte durch den

1) Dasselbe ist auch von anderen Mathematikern geschehen. Eine dieser vollständigen Lösungen des Problems werden wir noch nächstens mittheilen. P.

Mittelpunkt der Erde zu gehen. Allein diefs ist auch die einzige Veränderung, welche ihre Lage in Folge der Axendrehung erleidet, so dafs, wenn der Ort L in L' angelangt ist, die Schwingungsebene durch die Lothrechte Ol' und durch eine der Mittagsline LM parallele Gerade $L'M'$ bestimmt seyn wird. Mithin bildet, bei Ankunft in L', die Schwingungsebene $M'L'l'$ mit der Ebene $ML'l'$ des Meridians des Orts einen Horizontalwinkel $ML'M'$, welcher, wegen vorausgesetzter Kleinheit des Bogens LL', als gleich betrachtet werden kann dem Winkel LML' zwischen den Mittagslinien der beiden Orte L und L'. Diefs ist der Drehungswinkel, den man scheinbar an der Schwingungsebene beobachtet, der aber in Wahrheit dem Meridian LM zu kommt, welcher durch die Rotation der Erde seine Lage im Raume geändert hat.

Um diesen Winkel zu bestimmen, ziehe man die Geraden LN, $L'N$ nach dem Mittelpunkt N des Parallelkreises, die LO, $L'O$ nach dem Mittelpunkt O der Erde, und endlich, durch die Mitte R der Sehne LL', die Geraden RN und RM, welche auf dieser Sehne winkelrecht sind und die gegenüber liegenden Winkel bei N und M in zwei gleiche Theile theilen.

Man bezeichne nun mit r den Erdradius, mit h den Stundenwinkel LNL', mit H den Drehungswinkel LML' der Schwingungsebene und mit λ die Breite des Ortes.

Das in N rechtwinkliche Dreieck NLO, an welchem der Winkel NOL das Complement der Breite ist, giebt

$$NL = r \cos \lambda.$$

Aus dem in R rechtwinklichen Dreiecke LNR ergiebt sich:

$$LR = NL \sin \tfrac{1}{2} LNL' = r . \cos \lambda . \sin \tfrac{1}{2} h.$$

Das in L rechtwinkliche Dreieck MLO liefert

$$ML = r . \cot . \lambda.$$

Endlich führt das in R rechtwinkliche Dreick LMR zu der Relation

$$\sin \tfrac{1}{2} LML' = \frac{LR}{LM}$$

oder

$$\sin \tfrac{1}{2} H = \frac{\cos\lambda \sin\frac{1}{2}h}{\cot.\lambda} = \sin \tfrac{1}{2} h . \sin \lambda.$$

Da nun der Meridian LM, bei dem Uebergange von L nach L', ein Stück des Kegelmantels beschreibt, so mufs, damit der ebene Winkel LML' den von jener Generatrix wirklich durchlaufenen Winkelraum ohne merklichen Fehler vorstelle, sowohl dieser Winkel als der Winkel LNL' sehr klein seyn, so klein, dafs die sie messenden Bogen statt ihrer Sinus genommen werden können. Diefs führt, nach Fortlassung des gemeinschaftlichen Faktors $\frac{1}{2}$, zu dem Ausdruck

$$H = h . \sin \lambda.$$

Wenn mithin der Punkt L der Erde einen Bogen h durchläuft, scheint die Schwingungsebene sich, im Sinne der scheinbaren Bewegung des Himmels, um die Lothrechte durch einen Winkel H zu drehen, dessen Werth $h \sin \lambda$ ist.

Wir haben angenommen, dafs, beim Ausgang, die Schwingungsebene mit der Meridianebene zusammenfalle; allein man überzeugt sich leicht, dafs wenn sie auch ananfangs irgend einen Azimutalwinkel mit der letztern bildet, dennoch die Abweichung von dieser Lage, nach Durchlaufung des Bogens h, denselben Werth H hat. Daraus folgt, dafs in jedem Augenblicke dieselbe Relation zwischen den Bogen H und h existirt, und da die Axendrehung gleichförmig ist, so ist es auch die der Schwingungsebene.

Da die Erde eine vollständige Drehung in 24 Stunden Sternenzeit oder $23^h\ 56'\ 4'',09$ mittlerer Sonnenzeit ausführt, so folgt, dafs in einer Sekunde mittlerer Zeit ein Bogen von $15'',041$ beschrieben wird. Das ist denn auch auf den Polen die Winkelbewegung der Schwingungsebene, während dieselbe unter unserer Breite, gesetzt diese sey 51°, nur 0,77715 jenes Werthes beträgt. Diese Zahl ist der natürliche Sinus der Breite, folglich ist hier die Bewegung der Ebene nur $11'',689$. Und um eine volle Drehung zu machen, bedarf sie $30^h\ 47'\ 52''$ mittlerer Zeit, während unter den

den Polen dazu nur ein Sterntag nöthig ist. Damit die Ebene unter unseren Breiten einen Winkel von n Sekunden beschreibe, sind $\frac{n}{11,689}$ Sekunden mittlerer Zeit erforderlich.

In der südlichen Erdhälfte geschieht die Drehung der Schwingungsebene in umgekehrtem Sinne wie auf der nördlichen; d. h. sie folgt auch hier der scheinbaren Bewegung des Himmels.

Die mit der Formel $H = h \sin \lambda$ übereinstimmende graphische Construction zeigt, dafs, in dem Maafse als der Ort L dem Aequator näher liegt, also die beiden Meridiane LM und $L'M$ sich dem Parallelismus näheren, der Winkel H abnimmt, bis er unter dem Aequator Null wird, dafs er dagegen bei Verminderung des Abstandes von einem der Pole zunimmt, bis er unter dem Pole selbst dem Stundenwinkel h gleich ist.

Die Construction zeigt auch, wie die Winkelbewegung LNL' um die Axe PP' auf eine andere, gegen dieselbe geneigte Axe OLl bezogen werden kann, mit Hülfe zweier rotativen Componenten, einer um die neue Axe Ol, und einer anderen um die Gerade LM, die Mittagslinie des Punktes L. Die erste dieser Componenten ist der Winkel MLM' oder H dessen Werth $= h \sin \lambda$; die andere ist der Winkel LOL', um welchen die Schwerkraft die Schwingungsebene dreht, um sie beständig gegen den Mittelpunkt der Erde zu richten. Der Werth dieses letzteren Winkels, den wir mit C bezeichnen wollen, ergiebt sich aus dem in R rechtwinklichen Dreieck LOR, welches giebt:

$$\sin \tfrac{1}{2} C = \frac{LR}{LO} = \sin \tfrac{1}{2} h . \cos \lambda .$$

Substituirt man statt des Sinus die Bogen und läfst den gemeinschaftlichen Factor $\frac{1}{2} i$ fort, so erhält man:

$$C = h . \cos \lambda .$$

XV. *Ueber den Einflufs des Wassers bei chemischen Zersetzungen; von* ***Heinrich Rose.***

(Fortsetzung.)

II. Ueber die Verbindungen der Borsäure und des Wassers mit dem Silberoxyd.

Das Verhalten der Borsäure gegen das Silberoxyd, dessen schon in der Einleitung gedacht, und das die eigentliche Veranlassung zu dieser großsen und umfassenden Arbeit über den Einfluſs des Wassers bei chemischen Zersetzungen gewesen ist, muſste schon aus dieser Ursach und weil es in der That merkwürdig ist, durch vielseitigere Versuche erforscht werden.

1) *Fällungen vermittelst des neutralen Borax.*

I. Lösungen gleicher Atomgewichte von salpetersaurem Silberoxyd und von neutralem Borax in 12 Theilen kalten Wassers mit einander vermischt, gaben einen Niederschlag von schmutzig gelber Farbe und von käsigter Beschaffenheit. Er setzte sich gut ab. Die filtrirte Flüssigkeit gab mit Chlorwasserstoffsäure eine starke Fällung. Wird zu dem Ganzen, ohne die Flüssigkeit vom Niederschlage zu trennen, viel Wasser hinzugefügt, so löst sich dieser mit Hinterlassung von etwas braunem Silberoxyd auf.

Ein Theil des Niederschlags wurde nach dem Filtriren, ohne ausgewaschen zu werden, sogleich gepreſst. Bei 100° getrocknet wurde er bedeutend dunkler von Farbe. Durchs Erhitzen schmolz er zu einer zähflüssigen goldfarbig aussehenden Masse.

Bei den Untersuchungen der Verbindungen des Silberoxyds mit der Borsäure, welche im Folgenden beschrieben werden, und die von Hrn. Weber angestellt worden sind, konnten überhaupt die, welche nicht zu wenig Borsäure enthielten, zur Bestimmung des Wassers geglüht werden. Sie schmelzen dann gewöhnlich zu einer blasi-

gen roth aussehenden Masse, die beim ferneren Glühen weder an Gewicht sich vermindert, noch hinsichtlich des äufsern Ansehens sich verändert. Mit Salpetersäure behandelt, löst sie sich ohne Gasentwicklung auf. (Wurde die Verbindung in einem Reagensglase geglüht, so setzte sich an die kalten Stellen des Glases reines Wasser ab.) Aus der salpetersauren Auflösung wurde das Silberoxyd als Chlorsilber abgeschieden, die davon getrennte Flüssigkeit abgedampft, und der Rückstand mit Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure behandelt, um die Menge des Natrons zu finden.

Enthielten die Verbindungen Kohlensäure, so wurde zur Bestimmung derselben ein Theil in Salpetersäure gelöst, und dann gewöhnlich in dieser salpetersauren Lösung das Silberoxyd als Chlorsilber bestimmt.

Die Zusammensetzung der bei 100° getrockneten nicht ausgewaschenen sondern ausgeprefsten Verbindung, welche durchs Trocknen Kohlensäure angezogen hatte, war:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	72,82	5,02	11	73,63
Borsäure	19,24	13,23	10	20,14
Kohlensäure	0,69	0,50		
Wasser	6,21	5,52	12	6,23
Natron	1,04	0,27		100,00.
	100,00.			

Die Zusammensetzung ist merkwürdiger Weise beinahe die einer neutralen, und zwar wasserhaltigen Verbindung, $\dot{A}g\,\dddot{B}+\dot{H}$, jedoch ist auf 10 Atome derselben noch 1 Atom überschüssiges Silberoxyd, wodurch der Niederschlag wohl seine gelbliche Farbe erhalten hatte. Er ist daher von fast derselben Zusammensetzung wie das borsaure Silberoxyd, welches ich vermittelst des salpetersauren Silberoxyds in einer concentrirten Auflösung des gewöhnlichen Borax erhalten, und vor sehr langer Zeit untersucht hatte [1]).

Der andere Theil des Niederschlags wurde mit kaltem

1) Pogg. Ann. Bd. 19, S. 153.

Wasser ausgewaschen. Ungeachtet des aufserordentlich langen Auswaschens konnte es doch nicht so weit fortgesetzt werden, dafs das Waschwasser sich durch hinzugefügte Chlorwasserstoffsäure nicht mehr trübte. Durch das blofse Auswaschen wurde dem borsauren Silberoxyd fast alle Borsäure entzogen. Die Trübung des Waschwassers vermittelst Chlorwasserstoffsäure rührte zum Theil von der Auflöslichkeit des Silberoxyds in Wasser her, theils auch davon, dafs mit einer gewissen Hartnäckigkeit noch etwas Borsäure zurückblieb, und sich als borsaures Silberoxyd löste, das im kalten Wasser und in freier Borsäure auflöslich seyn kann.

Der ausgewaschene Niederschlag, der beim Trocknen Kohlensäure angezogen hatte, sah nach dem Schmelzen weifs und fast wie reines metallisches Silber aus. Wegen der geringen Menge der erhaltenen Verbindung konnte keine unmittelbare Bestimmung der Kohlensäure ausgeführt werden; die Menge derselben und die des Wassers mufsten also gemeinschaftlich gefunden werden. Die Zusammensetzung der bei 100° getrockneten Verbindung war folgende:

		Sauerstoff.
Silberoxyd	90,00	6,21
Borsäure	4,25	2,92
Wasser und Kohlenäure	5,75	
	100,00.	

Die wasserfreie Verbindung besteht also aus:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	95,49	6,59	6	95,22
Borsäure	4,51	3,10	1	4,78
	100,00.			100,00.

Die Zusammensetzung entspricht also der Formel $6\dot{A}g + \dddot{B}$. Man sieht also, dafs durch blofses Aussüfsen vermittelst kalten Wassers die gröfste Menge der Borsäure ausgewaschen werden kann, und nur ein geringer Theil davon zurückbleibt. Die Borsäure wird aber als ein gleichsam

sehr saures borsaures Silberoxyd ausgewaschen, so dafs die Menge der ungelöst bleibenden Verbindung nur gering ist.

II. Die Lösungen der beiden Salze wurden wie bei dem Versuch I mit einander vermischt, aber kochend. Es entstand dadurch sogleich ein brauner Niederschlag, dessen Farbe noch dunkler wurde, als das Ganze noch einige Zeit hindurch gekocht wurde. Der Niederschlag wurde nach dem Filtriren mit heifsem Wasser ausgewaschen; es war aber wie beim vorigen Versuch nicht möglich, das Auswaschen so lange fortzusetzen, dafs das Waschwasser nicht mehr durch Chlorwasserstoffsäure getrübt wurde.

Der Niederschlag einthielt eine nicht unbedeutende Menge von Kohlensäure. Er hatte bei 100° getrocknet folgende Zusammensetzung

		Sauerstoff.
Silberoxyd	94,04	6,50
Kohlensäure	3,25	2,36
Wasser und Borsäure	2,71	
	100,00.	

Der Gewichtsverlust durchs Glühen betrug 10,66 Proc. Addirt man den Sauerstoff des gefundenen Silberoxyds zur gefundenen Kohlensäure, so erhält man 9,75 Proc. Die Differenz 0,91 würde der Menge des im Niederschlage enthaltenen Wassers entsprechen, und die Menge der Borsäure bestand daher aus 1,80 Proc. Sie ist aber in der Wirklichkeit noch um etwas geringer, indem beim Glühen die geringe Menge des mit der Borsäure verbundenen Silberoxyds den Sauerstoff nicht verloren hat. Dieser Fehler ist indessen sehr gering. In jedem Fall ist der Borsäure-Gehalt der Verbindung aufserordentlich klein, und weit geringer als in der durch kaltes Wasser ausgewaschenen, so dafs man annehmen kann, dafs durch heifses Wasser der Verbindung endlich alle Borsäure entzogen wird, wenn das Auswaschen mit heifsem Wasser noch länger hätte fortgesetzt werden können.

2) *Fällungen vermittelst des gewöhnlichen Borax.*

I. Die Lösungen gleicher Atomgewichte von salpetersaurem Silberoxyd und gewöhnlichem Borax in 12 Theilen kalten Wassers mit einander vermischt, erzeugten einen weifsen Niederschlag, der sich schwer senkte. Die filtrirte Flüssigkeit enthielt viel borsaures Silberoxyd aufgelöst; sie gab daher vermittelst Chlorwasserstoffsäure eine starke Fällung, und mit salpetersaurem Silberoxyd, aber nicht mit Boraxlösung, eine Trübung. — Wird das Ganze, ohne die Flüssigkeit, welche freie Borsäure enthält, von dem Niederschlage zu trennen, mit vielem Wasser behandelt, so löst sich, wie diefs schon früher erwähnt wurde, dasselbe vollständig auf.

Der Niederschlag wurde nach dem Filtriren, ohne ausgewaschen zu werden, zwischen Fliefspapier geprefst. Nach dem Trocknen schmolz er durchs Erhitzen leicht zu einer rothen Masse, die sich ohne Gasentwicklung in Salpetersäure auflöste. — Die Zusammensetzung des bei 100° getrockneten Niederschlags war folgende

		Sauerstoff	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	65,47	4,55	2	65,40
Borsäure	28,43	19,55	3	29,52
Wasser	4,93	4,38	2	5,08
Natron	1,17	0,30		100,00.
	100,00.			

Die Zusammensetzung des geschmolzenen Salzes ist daher

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	68,86	4,75	2	68,90
Borsäure	29,91	20,57	3	31,10
Natron	1,23	0,31		100,00.
	100,00.			

Die Zusammensetzung $2\dot{A}g + 3\dddot{B}$ ist aber deshalb nicht ganz richtig, weil ein Theil der Borsäure mit dem Natron verbunden als Borax in dem Salze angenommen werden

mufs. Die Zusammensetzung $3\dot{A}g + 4\dddot{B}$ nähert sich der Wahrheit mehr.

II. Die kalten Lösungen beider Salze in 12 Theilen Wassers wurden wie bei dem Versuche I mit einander vermischt, der entstandene weifse Niederschlag aber mit kaltem Wasser ausgewaschen. Dadurch entstand eine sichtliche Zersetzung der Verbindung; sie bräunte sich auf der Oberfläche stark, während sie noch im Innern weifs blieb. Das Auswaschen wurde so lange fortgesetzt, bis das Waschwasser keine Reaction auf Salpetersäure mehr gab. Die Zusammensetzung der bei 100° getrockneten Verbindung war

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	67,39	4,65	4	67,88
Borsäure	25,44	17,50	5	25,53
Wasser	6,01	5,34	5	6,59
Natron	1,16	0,30		100,00.
	100,00.			

Die geglühte Verbindung besteht daher aus:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	71,70	4,94	4	72,67
Borsäure	27,07	18,62	5	27,33
Natron	1,23	0,31		100,00.
	100,00.			

Es scheint auffallend zu seyn, dafs durch das Auswaschen mit kaltem Wasser dem Niederschlag das Natron, oder vielmehr der Borax nicht entzogen werden konnte; es hat das aber in der gleichzeitigen Auflösung des borsauren Silberoxyds seinen Grund. Die Zusammensetzung $4\dot{A}g + 5\dddot{B}$ ist daher nicht ganz richtig. Das Waschwasser hat auf das borsaure Silberoxyd weniger gewirkt, als man es bei der geringen Verwandtschaft des Silberoxyds zur Borsäure vermuthen sollte.

Aber diesen Erfolg konnte man eigentlich aus dem Verhalten des borsauren Silberoxyds gegen Wasser, wie

ich dasselbe schon vor sehr langer Zeit aus einander gesetzt habe vorhersehen. Hat sich nämlich weifses borsaures Silberoxyd, in concentrirten, aber kalten Auflösungen von Borax und von salpetetersaurem Silberoxyd gebildet, so kann es durch mehr hinzugefügtes kaltes Wasser wieder vollständig zu einer klaren Auflösung gelöst werden, wenn vorher der Niederschlag nicht von der Flüssigkeit, welche freie Borsäure enthält, abfiltrirt worden ist. Wendet man aber eine sehr verdünnte Boraxlösung an, und setzt zu ihr eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, die aber nicht zu verdünnt seyn darf, so scheidet sich reines Silberoxyd aus, das keine Borsäure enthält. Diesen sonderbaren Erfolg, der darauf beruht, dafs wenn im letztern Falle das Silberoxydsalz mit einer verdünnten Boraxlösung zusammentrifft, letztere wie eine Auflösung von Natronhydrat wirkt, zeigt, dafs wenn Borsäure sich mit Wasser verbunden hat, sie sich nicht mit Silberoxyd verbindet, das überhaupt nur eine geringe Verwandtschaft zum Wasser zu haben scheint, wie diefs aus früheren Versuchen hervorgeht [1]). Mischt man dagegen eine sehr verdünnte Boraxlösung mit einer sehr verdünnten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd zusammen, so entsteht kein Niederschlag, die Flüssigkeit bleibt klar, und es erfolgt keine Ausscheidung von Silberoxyd. Durch die gröfsere Menge von Wasser ist in der Lösung des Silberoxydsalzes die Verwandtschaft der Salpetersäure zum Silberoxyd gewissermafsen schon geschwächt, und das Natronhydrat verbindet sich mit Salpetersäure, während zu gleicher Zeit die Borsäure sich mit dem Silberoxyd zu einem sauren Salze vereinigen kann, zumal da soviel Wasser zugegen ist, dafs dadurch schon ein Theil des Silberoxyds gelöst wird. Wenn das in concentrirten Auflösungen erzeugte weifse borsaure Silberoxyd in vielem Wasser ohne Zersetzung gelöst werden soll, so darf die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit, die freie Borsäure enthält, nicht von demselben getrennt werden, da das borsaure

1) Pogg. Ann, Bd. 85, S. 317.

Silberoxyd nur bei Gegenwart von freier Borsäure im Wasser löslich ist.

III. Lösungen gleicher Atomgewichte von Borax und von salpetersaurem Silberoxyd in 12 Theilen Wassers wurden kochend mit einander vermischt. Die ersten Tropfen der heifsen Boraxlösung brachten in der heifsen Silberoxydlösung einen weifsen Niederschlag hervor, der aber gleich darauf schwarzbraun wurde. Als die ganze Menge der Boraxauflösung hinzugesetzt worden war, war die Fällung weifs; sie wurde aber bald schmutzig grau, welche Farbe sie längere Zeit beibehielt. Das Ganze wurde nicht zum Kochen erhitzt, sondern der hellgraue Niederschlag sogleich nach dem Filtriren ohne ausgewaschen zu werden, zwischen Fliefspapier geprefst. Die filtrirte Flüssigkeit enthielt viel borsaures Silberoxyd aufgelöst.

Der bei 100° getrocknete Niederschlag hatte folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	71,64	4,94	1	72,54
Borsäure	22,26	15,31	1	21,83
Wasser	5,10	4,53	1	5,63
Natron	1,00	0,25		100,00.
	100,00.			

Die Zusammensetzung des grauen Niederschlags ist also $\dot{Ag}\dddot{B} + \dot{H}$. Es bleibt aber fast auch dieselbe Formel, wenn man auch den geringen Gehalt von Natron als Borax in dem Salze annimmt. Im wasserfreien Zustande besteht das Salz aus:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	75,49	5,31	1	76,87
Borsäure	23,45	16,13	1	23,13
Natron	1,06	0,27		100,00.
	100,00.			

Es ist diefs also dieselbe Zusammensetzung wie die eines vor langer Zeit von mir untersuchten borsauren Silberoxyds, welches aus kalten concentrirten Auflösungen

gefällt, und einige Zeit mit kaltem Wasser ausgewaschen worden war.

IV. Die Lösungen der beiden Salze wurden wie beim Versuch III. wiederum kochend mit einander gemischt, das Ganze aber darauf bis zum Kochen erhitzt, wodurch der graue Niederschlag braun wurde, und diese Farbe in eine tief schwarzbraune verwandelte, als das Kochen einige Zeit hindurch fortgesetzt wurde. Er wurde nach dem Filtriren mit heifsem Wasser ausgewaschen. Die filtrirte Flüssigkeit reagirte alkalisch, gab mit Chlorwasserstoffsäure einen sehr starken Niederschlag, und mit salpetersaurer Silberoxydlösung eine sehr schwache Opalisirung, aber keine Fällung durch eine Boraxlösung. Als die ganze Menge der filtrirten Flüssigkeit mit Chlorwasserstoffsäure versetzt wurde, entstand ein so starker Niederschlag von Chlorsilber, dafs dieser dem Anscheine nach der Hälfte des ursprünglich erhaltenen gleich zu kommen schien.

Der erhaltene tief schwarzbraune Niederschlag war aber in der That reines Silberoxyd, mit etwas Wasser verbunden, aber keine Borsäure enthaltend. Er hatte aber Kohlensäure aufgenommen und bestand nach dem Trocknen bei 100° aus

Silberoxyd	97,33
Wasser und Kohlensäure	2,67
	100,00.

Die Menge des Wassers ist nur unbedeutend gewesen, und die Zusammensetzung des Niederschlags kommt mit der überein, welche das Silberoxyd zeigt, wenn es durch alkalische Reagentien gefällt worden ist [1]).

Die Anwendung der erhöhten Temperatur und die des Auswaschens haben also dieselbe Wirkung hervorgebracht, wie sie durch eine verdünnte Boraxlösung erzeugt wird, wenn zu derselben eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd hinzugefügt wird.

Es ist auffallend, dafs man durch neutralen Borax nicht, wie man es erwarten sollte, durch Fällung bei der Koch-

1) Pogg. Ann. Bd. 85, S. 317.

hitze und durch Auswaschen mit heifsem Wasser, dasselbe Resultat erhält, wie durch gewöhnlichen Borax. Nach dem Versuch II, S. 485 enthält der auf diese Weise erzeugte Niederschlag auch Borsäure, freilich in sehr geringer Menge.

Das Verhalten des Silberoxydes gegen Borsäure und Wasser zeigt recht deutlich wie letzteres wirken kann, wenn es in gröfserer Masse auftritt. Es kann nach und nach die ganze Menge der Borsäure dem Silberoxyde entziehen, und der Einflufs der chemischen Masse des Wassers ist vielleicht bei keiner Verbindung der Borsäure so lehrreich zu ergründen, wie bei der mit dem Silberoxyd. Nur bei den Verbindungen der Borsäure mit dem Kupferoxyde kann etwas Aehnliches beobachtet werden.

(Fortsetzung folgt.)

XVI. *Ueber das Vorkommen des Manganspaths in Nassau; von F. Sandberger.*

In den letzten Jahren wurden ganz unerwartet in der mächtigen Feldspathporphyrmasse, welche sich nahe bei dem Dorfe Oberneisen, unweit Diez, zwischen den jüngern Gesteinen des Rheinischen Systems erhebt, äufserst reiche Lagerstätten von Braun- und Rotheisenstein entdeckt. Alle Verhältnisse derselben, welche Hr. Bergmeistereiverwalter Stein [1]) zu Diez ausführlicher geschildert hat, weisen auf eine Ausscheidung der Erze aus dem Porphyr selbst hin, der in der ganzen Gegend von Diez in der Regel schon durch seine dunkel braunrothe bis braune Farbe eine Imprägnation mit Eisen- und Manganoxyden verräth. Mitten unter dem Rotheisenrahm, der einen grofsen Theil jener Lagerstätte bildet, finden sich feste Knollen von halbzer-

1) Jahrbücher des Vereins für Naturkunde im Herzogthum Nassau. Hft. VIII. Abth. 2, S. 123 ff.

setztem braunen Porphyr, auf dessen Klüften und Drusenräumen Hr. Stein himbeerrothe Krystalle in Begleitung von Psilomelan auffand, welche er mir zur Untersuchung übersendete. Ich erkannte in denselben sogleich die von Breithaupt mit dem sehr bezeichnenden Namen Himbeerspath belegte Varietät des Manganspaths. Die Combination der Krystalle ist neu, spitzes Rhomboëder mit der Endfläche, während man sonst an diesem Minerale nur stumpfe Rhomboëder zu sehen gewohnt ist. Ein spitzes wird bis jetzt lediglich von Dufrénoy [1]), jedoch ohne Angabe der Winkel aufgeführt. Wiewohl die Krystalle sämmtlich nicht vollkommen glattflächig waren, so wurden doch Messungen der am schärfsten ausgebildeten vorgenommen, welche für die Polkanten übereinstimmend 68° Neigung ergaben. Dieser annähernden Bestimmung entspricht mit Zugrundelegung von 106° 51′ (Mohs) für das Grundrhomboëder die Ableitungszahl $\frac{7}{2}$ und würde das neue Rhomboëder daher vorläufig als $\frac{7}{2}$ R. aufzuführen seyn, bis sich noch besser ausgebildete Krystalle gefunden haben. Das analoge Rhomboëder der Kalkspathreihe ist $\frac{13}{4}$ R. Ich bemerke gleich hier, dafs am Sphärosiderit von Steinheim höchst selten kleine Krystalle vorkommen, welche mit der angeführten Combination des Manganspaths gänzlich übereinstimmen und auch für dieses Mineral ein analoges spitzes Rhomboëder vermuthen lassen. Wenn es mir gelingt, das erforderliche Material zu erhalten, so werde ich darüber ebenfalls eine Mittheilung machen.

Aufser in Krystallen findet sich der Manganspath bei Oberneisen in warzigen und traubigen Gestalten, öfters mit Anlage zu strahliger Structur. Die Spaltbarkeit parallel dem Grundrhomboëder ist meist sehr gut ausgesprochen, jedoch die Flächen immer etwas gekrümmt. Während die erwähnte Combination matt und glanzlos erscheint, zeigen die Spaltungsflächen in Perlmutterglanz übergehenden Glasglanz. Im frischen Zustande ist die Farbe des Minerals himbeerroth, selten in's Röthlichweifse übergehend,

1) *Traité de Minéralogie II*, p. 421.

das Strichpulver rein weifs. Bei der Zersetzung ändert sich diese Farbe allmälig durch Rothbraun in Braun um und der Strich wird gelbbraun, jedoch ohne Zerstörung der Krystallform und Spaltbarkeit. Behandelt man diese Masse mit Salzsäure, so entwickelt sich Chlor in grofser Menge und beim Glühen in der Glasröhre entweicht viel Wasser. Es mufs daher eine Umänderung in Manganoxydhydrat vorgegangen seyn. Mit Rücksicht auf die Erhaltung der Form könnte daher das Zersetzungsprodukt als Pseudomorphose von Manganit nach Manganspath bezeichnet werden.

Wiesbaden, 22. December 1852.

XVII. *Ueber eine auffallende elektrische Erscheinung; von J. Srtsczek,*

Prof. d. Physik an der K. K. Josephs-Industrie-Schule zu Pesth.

Die zur Hervorrufung dieser Erscheinung nothwendige Mittel sind so einfach, dafs es nur einer kurzen Erklärung bedarf um einen Jeden in den Stand zu setzen, von dem Gesagten sich selbst zu überzeugen.

Eine kleine Leidner Flasche, die bequem in einer Hand gehalten werden kann, lade man z. B. mit positiver E; nähere allmälig den Knopf der Flasche mehreren auf reinem Papier liegenden Goldblatt-Stückchen, etwa 6 bis 12 Lin. Länge, auf 1 bis $1\frac{1}{2}$ Lin. Breite, und entweder rechteckiger, rhomboïdischer, trapezoïscher, dreieckiger oder sonst wie länglich eckiger Gestalt.

Es beginnt sogleich wie bekannt — ein Hüpfen der Blättchen, aber bald wird das eine oder das andere die merkwürdige Erscheinung zeigen: dafs es gegen den Knopf der Flasche sich bewegend, ohne diesen berührt zu haben, in einer gewissen, manchmal 2 Zoll betragenden Entfernung, plötzlich stehen bleibt, frei in der Luft schwebt,

und nicht selten in erwähnter Entfernung um den Knopf der Flasche sich bewegt, auch gleichzeitig um die eigene Axe rotirt, oder wenigstens das Bestreben zu diesen Bewegungen zeigt.

Meine Wahrnehmungen die ich bisher bei der Beobachtung dieser Erscheinung gemacht habe, sind folgende:

1. Der Knopf der Flasche muſs mehrere Zolle über den isolirten Rand der Flasche emporragen, damit längere und in gröſseren Entfernungen schwebende Blättchen, von dem Rande nicht angezogen werden. An dem Conductor einer elektrischen Maschine findet das Schweben zwar in viel gröſserer Entfernung statt (auch 1 Fuſs), aber der Versuch gelingt nicht so schnell. Die Blättchen müssen glatt seyn, und eine längliche Gestalt haben.

2. Bei gleich starker Ladung der Flasche schweben gleich lange Stücke von Blattgold, aber von verschiedener Gestalt, in verschiedenen Entfernungen von der Flasche.

3. Bei einer und derselben Ladung, und ziemlich ähnlicher Gestalt der Blättchen, schweben die langen in gröſseren Entfernungen als die kurzen. Am deutlichsten sieht man dieſs, wenn es gelingt mehrere Blättchen verschiedener Gröſsen gleichzeitig zum Schweben zu bringen.

4. Mit abnehmender Intensität der Ladung, nähert sich das Blättchen allmälig dem Knopfe der Flasche; führt man aber dieser mit dem Knopfe einer zweiten Flasche die gleichnamige E. zu, so entfernt sich das Blättchen abermals von dem Knopfe. Auf diese Weise kann bei trockner Luft das Schweben des Goldblattes Stunden lang erhalten werden, ohne mehr als 6 bis 7mal neue Ladung zuführen zu müssen. Auch kann man, indem die Knöpfe der beiden Flaschen sich berühren, das schwebende Blättchen sehr leicht mit dem letzt zugeführten Knopfe auffangen.

5. Die Rotation beginnt bei einigen Blättchen nur dann, wenn sie dem Knopfe der Flasche schon nahe gekommen sind, zugleich wird mit dieser Annäherung die Rotationsbewegung beschleunigt.

6. Bei Stückchen von günstiger Gestalt ist das Gleichgewicht der das Schweben bewirkenden Kräfte so stabil, dafs man die aufrecht gehaltene Flasche gewaltsam herabschnellen kann, ohne das Blättchen aus dem schwebenden Zustande zu bringen.

7. Aus der von dem Knopfe der Flasche abgewendeten Seite des schwebenden Blättchens strahlt stets Elektricität aus und zwar von derselben Qualität, wie die der Flasche ist; und hat die Fähigkeit auf bedeutende Entfernungen (3 bis 4') in der trockensten Luft sich fortzupflanzen; denn wenn ein Goldblatt-Elektroskop in der besagten Entfernung dem schwebenden Blättchen gegenüber aufgestellt wird, zeigen die Elektroskop-Blättchen eine bleibende starke Divergenz, wenn man auch nun die Flasche entfernt. Ganz dasselbe geschieht, wenn man den Conductor einer Elektrisirmaschine mit Spitzen versieht, und diesen gegenüber das Elektroskop in einer Entfernung von 1° bis 2° aufstellt und die Maschine in Gang setzt.

8. Entfernt man das schwebende Blättchen — ohne es leitend zu berühren — aus dem Bereiche des Knopfes dadurch, dafs man die aufrecht gehaltene Flasche gewaltsam herabschnellt —, so findet man, dafs jene Stücke, die in gröfseren Entfernungen (etwa über 1") vor dem Knopfe schwebten, im neutralen; die in minderen Entfernungen schwebend gewesenen, aber im negativen elektrischen Zustande sich befinden. Nur solche Blättchen, die während des Schwebens dem Knopfe sich zu sehr genähert haben, zeigen nach erwähnter Entfernung manchmal positive Elektricität.

9. Die auf erwähnte Weise neutral und negativ befundenen Blättchen können, während sie herabfallen, abermals durch Annäherung des Knopfes der Flasche zum Schweben gebracht werden, letztere aber leichter als die erstern. Es scheint, dafs auch solche, die eine sehr schwache + E. zeigten, durch plötzliche Annäherung des ebenfalls positiv elektrischen Knopfs zum Schweben gebracht werden können.

Die Rotation des schwebenden Blättchens hat wahrscheinlich einen ähnlichen Grund, wie die Bewegung des elektrischen Flugrades. Zur Erklärung des Schwebens aber scheinen mir besonders die zwei letzteren Punkte noch eine schärfere Prüfung zu erheischen [1].

Pesth, den 18. November 1852.

XVIII. *Kobaltgelb.*

In den *Compt. rend.* vom 16. Oct. 1852 berichtet Hr. E. Saint-Evre, dafs man auf Zusatz von salpetrigsaurem Kali zu salpetersaurem Kobaltoxyd einen sehr schönen gelben Niederschlag bekomme, bestehend aus $N_4O_{16}.2CbO$ $2KO.HO_2$ welcher unlöslich sey, der Wirkung des Schwefelwasserstoffs gänzlich, und der des Chlorwassers sehr lange widerstehe, und deshalb als Pigment benutzt werden könne. — Wir wollen dabei bemerken, dafs die Entdeckung dieser Verbindung dem verstorbenen Prof. N. W. Fischer angehört, der sie im J. 1848 in diesen Annalen Bd. 74, S. 124 beschrieben hat.

1) Das hier beschriebene Phänomen ist, ungeachtet die neueren Lehrbücher darüber schweigen, freilich nicht neu, vielmehr schon 1749 von Franklin am Conductor der Maschine beobachtet und auch in seiner Weise mit einer Erklärung versehen (Siehe dessen: *Experiments and observations on Electricity etc.*, *Lond.* 1769, *p.* 72, auch: *Sämmtliche Werke*, übersetzt von Wenzel, Dresd. 1780, Thl. 1, S. 114). Es bleibt indefs das freie Schweben eines Goldblatts in so stabiler Lage immerhin eine merkwürdige Thatsache, die wohl einmal aufgefrischt zu werden verdiente, zumal nicht Viele aus eigener Ansicht mit ihr bekannt seyn dürften. *P.*



Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1853. ANNALEN №. 4.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXVIII.

I. *Das Sinus-Elektrometer; von* R. Kohlrausch.

Mit der Lösung eines anderen elektrischen Problems beschäftigt, fand ich es vorerst nöthig, den elektrischen Rückstand oder das sogenannte Residuum der elektrischen Batterie seiner Entstehungsart und seinen Quantitätsverhältnissen nach einem genaueren Studium zu unterwerfen. Ich bedurfte dazu eines neuen Elektrometers, weil die Drehwaagen in ihrer verschiedenen Form zwischen den einzelnen Messungen ein Zeitintervall von einigen Minuten verlangen, hier aber gerade die allmälige Aenderung der Elektricitätsquelle beobachtet werden sollte. Es ist durch dieses Bedürfniss ein Elektrometer enstanden, welches, obschon nur für einen gewissen Kreis von Untersuchungen vorzugsweise geeignet und kaum irgend einen neuen Gedanken enthaltend, doch, weil es eine gewisse Lücke ausfüllt und bei einer höchst einfachen Theorie eine grosse Schärfe in den Messungen gestattet, die Prätension auf sich nehmen mag, abgesondert von den mit ihm angestellten Untersuchungen zu erscheinen.

1.

Soll ein Elektrometer die allmäligen Aenderungen in der Ladung eines mit ihm verbundenen elektrisirten Körpers angeben, so wird man am besten thun, die sich abstossenden Theile des Instrumentes beide mit jenem zu verbinden, wie diess unter anderen bei dem Peltier'schen Elektroskope der Fall ist.

Bei Peltier[1]) trägt bekanntlich ein fester horizontaler im magnetischen Meridian stehender Kupferarm in der Mitte eine kleine Stahlpfanne, auf welche eine leichte, mit einem kleinen Magneten versehene Kupfernadel mittelst einer Spitze gesetzt wird.

1) *Annales de chim. T. LXII. p.* 422.

Die verschiedenen Winkel, zu denen hier bei verschiedenen Ladungen die Nadel abgelenkt wird, geben durch ihren Sinus freilich unmittelbar das Verhältnifs der abstofsenden Kräfte, würden sogar, wenn das magnetische Moment der Nadel und die Intensität des Erdmagnetismus am Beobachtungsorte ausgemittelt wären, diese abstofsenden Kräfte in absolutem Maafse ausdrücken lassen, aber sie erlauben nicht, aus ihnen auf die Gröfse der Ladungen zu schliefsen. Es ist nämlich nicht möglich, aus der Gestalt der hier angewendeten Körper mit Hülfe des Potentials die bei den verschiedenen Winkeln verschiedene Vertheilungsweise der Elektricität zu finden, so dafs die durch den Versuch gewonnene Kenntnifs von dem Integralwerth der gesammten abstofsenden Kräfte darum nichts hilft, weil die Form des Integrals unbekannt ist.

Dadurch indessen, dafs man den feststehenden abstofsenden Arm beweglich macht, kann man das Elektroskop alsbald in ein Elektrometer verwandeln, und das ist denn das einzige Wesentliche, was ich diesem Peltier'schen Instrument hinzufüge [1]). Da indessen auch seine Gestalt sich sehr ändert, so habe ich geglaubt, dem neuen Apparate zur bequemeren Unterscheidung einen neuen Namen, nämlich, nach Analogie der Sinusbussole, den Namen eines *Sinus-Elektrometers* geben zu dürfen.

Der Beschreibung und Gebrauchsanweisung des Instruments mag seine einfache Theorie vorangehen.

2. Theorie des Elektrometers.

Man denke sich also den abstofsenden Arm, unbeschadet seiner Isolation, in der Horizontalebene um seinen Mittelpunkt, wo er die Magnetnadel trägt, drehbar, auch seinem gröfsten Theile nach mit der Nadel in gleicher Höhe.

Ist diefs Körpersystem nicht elektrisirt, so steht die Nadel im Meridian, und der Arm sey so zu ihr gestellt

1) Während der Correctur dieses Bogens bekomme ich Riefs's *Lehre von der Reibungselektricität* in die Hände und sehe, dafs dieser vortreffliche Physiker obigen Gedanken schon vor mir gehabt hat.



dafs das Kreuz, welches beide Körper bilden, den spitzen Winkel α macht.

Theilt man nun das Quantum Q von Electricität mit, so verbreitet sich dieses auch über das Kreuz und die Nadel, der bewegliche Theil, weicht aus ihrer Lage im Meridian so weit aus, bis das dadurch hervorgebrachte magnetische Drehungsmoment der abstofsenden Kraft der Elektricität das Gleichgewicht hält. Dreht man nun den Arm in der Richtung der Ablenkung der Nadel, so weicht diese noch weiter aus, doch wird, da die Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus sie zurückzudrehen strebt, mit dem Sinus des Ablenkungswinkels wächst, der Winkel zwischen der Nadel und dem Arm immer kleiner werden, je weiter man dreht, und endlich kann der Zustand eintreten, wo die um den Winkel φ jetzt vom Meridian abgelenkte Nadel und der Arm wieder den Winkel α zusammen machen. Diefs wird allemal dann möglich seyn, wenn das von der abstofsenden Kraft der Elektricität beim Winkel α hervorgebrachte Drehungsmoment nicht gröfser ist als das Product TM der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus in das Moment der Nadel, was also hierbei vorausgesetzt wird.

Würde man jetzt das entladene Körpersystem in seine ursprüngliche Lage bringen, ein anderes Elektricitätsquantum Q' mittheilen und die ganze Procedur wiederholen, so würde sich ein anderer Winkel φ' finden, welchen, um mit dem Arme den Winkel α zu bilden, die Magnetnadel mit dem Meridian macht.

Aus diesen Winkeln φ und φ' kann aber auf die Quantitäten Q und Q' geschlossen werden. Es ist dann

$$\text{(I.)} \quad Q:Q'=\sqrt{\sin\varphi}:\sqrt{\sin\varphi'}.$$

Es ergiebt sich diefs folgendermafsen.

Wie auch die Lage der Nadel gegen den Meridian seyn mag, so bildet sie doch mit dem Arm dasselbe Körpersystem, wenn sie mit ihm ein Kreuz unter dem bestimmten Winkel α macht. Nun vertheilt sich aber auf

demselben Körpersysteme jedes Elektricitätsquantum auf dieselbe Weise [1]). Das heifst hier: Nimmt man irgend ein willkührliches Elektricitätsquantum q zur Einheit an und würde bei dessen Uebertragung an das Elektrometer irgend ein bestimmtes Flächenelement der Nadel, welches ich der Kürze wegen nur mit p bezeichne, die Elektricität e bekommen, irgend ein solches Flächenelement p' des Arms die Elektricitätsmenge e', so wird durch das Quantum Q, wenn dieses gleich mq ist, dem ersteren die Elektricitätsmenge me, dem letztern me' mitgetheilt, und ebenso werden durch Q', wenn dieses gleich nq ist, die Mengen ne und ne' auf den betreffenden Stellen p und p' hervorgebracht. Ist die Entfernung dieser Stellen von einander beim Winkel α des Kreuzes gleich r, so sind die durch die Quantitäten Q und Q' zwischen diesen Flächenelementen erzeugten abstofsenden Kräfte beziehungsweise $\frac{m^2 ee'}{r^2}$ und $\frac{n^2 ee'}{r^2}$. Da nun die gesammte zwischen den Armen des Kreuzes obwaltende abstofsende Kraft weiter nichts ist, als die Summe aller solcher zwischen den einzelnen Flächenelementen vorhandenen abstofsenden Kräfte, so leuchtet ein, dafs die beiden Integrale, durch welche bei den Quantitäten Q und Q' diese abstofsenden Kräfte repräsentirt werden, wenn man sie wirklich darstellen könnte, in nichts sich unterscheiden würden, als in den vor dem Integralzeichen befindlichen constanten Factoren m^2 und n^2, dafs also diese abstofsenden Kräfte, welche andererseits durch $TM \sin\varphi$ und $TM \sin\varphi'$ gegeben werden, sich verhalten wie m^2 zu n^2. Da sich nun Q zu Q' verhielt wie m zu n, so verhalten sich diese Quantitäten auch wie $\sqrt{\sin\varphi}$ zu $\sqrt{\sin\varphi'}$.

3. Anwendung dieser Theorie zur Erweiterung des Gebrauches.

Bei demselben Beobachtungswinkel α zwischen Nadel und Arm hat das Instrument keinen grofsen Spielraum für

1) Das Bedenken, dafs durch die verschiedene Drehung das Körpersystem in verschiedene Lagen gegen seine Umgebung komme, wird weiter unten beseitigt.

die Vergleichung verschiedener elektrischer Quantitäten. Die gröfste Quantität, welche sich dabei beobachten läfst, ist die, welche die Nadel rechtwinklich auf den Meridian stellt. Will man höchstens 1 Procent Beobachtungsfehler bei der Vergleichung grofser und kleiner Quantitäten haben, und garantirt das Elektrometer die Winkel φ nur auf drei Minuten, so wird man bei demselben Winkel α nur Ladungen vergleichen können, welche um nicht mehr als das Sechsfache von einander verschieden sind. Es ist also eine Erweiterung im Gebrauche des Instrumentes wünschenswerth, und sie gestaltet sich in folgender Weise.

Zunächst wollen wir einige kurze Bezeichnungen einführen.

Den Umstand, dafs die Nadel, wenn sie durch elektrische Abstofsung um den Winkel φ aus dem Meridian abgelenkt ist, zugleich mit dem abstofsenden Arme den Winkel α bilde, wollen wird durch φ_α bezeichnen. So bedeutet also $\psi_{\alpha+\beta}$, dafs die Nadel, wenn sie mit dem Arm ein Kreuz vom Winkel $\alpha+\beta$ bildet, um den Winkel ψ vom Meridian abweiche. Ebenso wollen wir die Bezeichnungen Kreuz α, Kreuz $\alpha+\beta$ einführen.

Satz: Bedingt dasselbe Elektricitätsquantum Q im Instrumente den Winkel φ_α und den Winkel $\varphi'_{\alpha+\beta}$, (wobei also $\varphi > \varphi'$ wenn $\alpha < \alpha+\beta$), so ist die Verhältnifszahl

$$\sqrt{\frac{\sin\varphi_\alpha}{\sin\varphi'_{\alpha+\beta}}}$$

constant, d. h. unabhängig von der Gröfse des Quantums Q.

Denn nach (I) ist, wenn ein anderes Quantum Q' die Winkel ψ_α und $\psi'_{\alpha+\beta}$ erzeugt,

$$Q:Q' = \sqrt{\sin\varphi_\alpha} : \sqrt{\sin\psi_\alpha} = \sqrt{\sin\varphi'_{\alpha+\beta}} : \sqrt{\sin\psi'_{\alpha+\beta}},$$

woraus folgt, dafs

$$\text{(II.)} \quad \sqrt{\frac{\sin\varphi_\alpha}{\sin\varphi'_{\alpha+\beta}}} = \sqrt{\frac{\sin\psi_\alpha}{\sin\psi'_{\alpha+\beta}}} = v.$$

Diese Verhältnifszahl v läfst sich für die verschiedensten Winkel α und $\alpha+\beta$ aus dem Mittel vieler unter günstigen Umständen angestellter Messungen mit grofser Schärfe

bestimmen, wie in dem practischen Theile (in 8) genauer gezeigt werden soll, und man denke sich also eine kleine Tabelle vorhanden, welche diese Verhältnifszahlen für die verschiedenen oder auch nur für einige zum Gebrauche nothwendige Stellungen des Kreuzes enthält.

Schreiben wir die Gleichung (II.) in der Form

$$\text{(III.)} \quad \sqrt{\sin\varphi'_{\alpha+\beta}} = \frac{\sqrt{\sin\varphi_\alpha}}{v}$$

so dient die Tabelle dazu, uns, wenn wir für ein elektrisches Quantum Q den Ablenkungswinkel φ_α bestimmt haben, ohne Versuch wissen zu lassen, welchen Ablenkungswinkel φ' dasselbe Quantnm bei dem Kreuze $\alpha+\beta$ hervorbringen würde.

Soll also mit einer Qnantität Q, welche den Ablenkungswinkel φ_α gezeigt hat, ein viel gröfseres Quantum Q' verglichen werden, bei welchem das Kreuz α nicht zu Stande kommen kann, so beobachte man den Ablenkungswinkel $\psi_{\alpha+\beta}$ für einen solchen Winkel $\alpha+\beta$, dessen Verhältnifszahl v in der Tabelle steht. Dann hat man aus (I) und (III) sogleich

$$Q:Q' = \frac{\sqrt{\sin\varphi_\alpha}}{v} : \sqrt{\sin\psi_{\alpha+\beta}}$$

oder

$$Q' = v\sqrt{\frac{\sin\psi_{\alpha+\beta}}{\sin\varphi_\alpha}} \,.\, Q.$$

Der Bequemlichkeit wegen kann man dasjenige Elektricitätsquantum q, welches beim Kreuz α die Nadel rechtwinklich zum Meridian stellt, als Einheit annehmen. Dann ist Q durch $\sqrt{\sin\varphi_\alpha}$ ausgedrückt, sobald man diese Einheit als Benennung hinzu denkt, und die letzte Gleichung geht über in

$$Q' = v\,.\sqrt{\sin\psi_{\alpha+\beta}}.$$

Daraus ergiebt sich die practische Regel:

Ein bei dem Kreuz $\alpha+\beta$ gemessenes Elektricitätsquantum wird auf die festgesetzte Einheit reducirt, indem man

die Quadratwurzel aus dem Sinus des Ablenkungswinkels der Magnetnadel mit der zum Winkel $\alpha + \beta$ *gehörigen Verhältnifszahl v der Tabelle multiplicirt.*

Eine andere Erweiterung im Gebrauche des Sinus-Elektrometers beruht auf der Benutzung verschiedener Magnetnadeln von verschiedenem Momente. Sie wird in (9) abgehandelt werden. Vorerst wird es besser seyn, die Beschreibung des Instrumentes zu geben, damit man sieht, wie ohne Schwierigkeit und mit grofser Schärfe die gleichzeitige Messung des Ablenkungswinkels der Nadel vom Meridiane und ihres Winkels mit dem abstofsenden Arme möglich wird.

4. Beschreibung des Instrumentes.

Die Messingsäule *a* Fig. 7 Taf. IV (das Instrument ist hier in $\frac{1}{4}$ seiner Gröfse abgebildet), ist mit Schellack *b* in eine auf das Fufsbrett aufgeschraubte Messinghülse eingekittet. Der dicke *Zuleitungsdraht c* von Messing steckt in dieser Säule und ragt von da frei in die Luft. Mit ihm wird die Elektricitätsquelle, z. B. eine elektrische Batterie, verbunden.

Auf der Säule *a* steckt mittelst eines Conus, also in der Säule leicht drehbar, der Messingstift *d*, welcher die mit dem doppelten Stahlspiegel *s*, *s'* versehene Magnetnadel trägt. Aufserdem ist mit diesem Stift der gebogene Messingarm *f*, *f* fest verbunden.

Der Stift *d* ist mit Schellack *e* in der horizontalen Messingscheibe *g*, *Bodenplatte* genannt, festgekittet. Diese Scheibe hat einen niedrigen emporstehenden Rand *h*, *h*, trägt einen Griff *i* und einen Nonius *n*, welcher über dem auf Holzsäulen befestigten getheilten Kreise spielt. Aufserdem schleift die Bodenplatte auf einer sehr schwachen Messingfeder, welche in dem nach der Erde abgeleiteten Kreise steckt.

In den Rand *h* der Bodenplatte wird ein Cylindermantel *o*, *o* von Messing gesetzt, welcher oben mit einer

Glasplatte *p* geschlossen ist. Man kann diese Glasplatte an einem Knopfe abheben. Ferner trägt der Mantel *o, o*, welcher in der Figur gezeichnet ist, als ob er durchsichtig wäre, einen Spiegel *t* und ihm gegenüber einen mit einem Planglase geschlossenen Schlitz *q*, über welchem eine verticale Marke *r* in Form eines schwarzen Striches auf sehr weifsem Papier angebracht ist. Der Cylindermantel ist genau in den Rand *h* eingeschliffen, kann jedoch beim Festhalten des Griffes *i* in ihm gedreht werden.

Durch den Schlitz sehend bemerkt man im Spiegel *t* den Schlitz *q* selbst, die Marke *r* und den Stahlspiegel *s'*. Steht aufserdem der Magnet rechtwinklich auf dieser Visirlinie, so sieht man im Spiegelbild des Spiegels *s'* ebenfalls die Marke *r*. Das Licht von *r* wird vom Spiegel *t* auf den Spiegel *s'*, von diesem wieder nach *t* und von *t* nach den Schlitz *q* geworfen. Es wird diefs ermöglicht durch eine kleine Neigung des Spiegels *s'* gegen die Verticalebene. Indem man oben am Spiegel *s'* einen kleinen schwarzen Strich anbringt, kann man durch Drehen am Griffe *i* das Spiegelbild der Marke im Spiegelbilde des Spiegels *s'* aufserordentlich genau einstellen [1]). Diefs soll genannt werden: *„die Nadel spielt ein“*, womit also die Vorstellung zu verbinden ist, dafs die Nadel dann senkrecht zur Visirlinie steht.

5. Anwendung der in 2 und 3 gegebenen Theorie auf dieses Instrument.

Bei dieser Einrichtung sieht man, wird allemal durch das Drehen am Griffe *i* zugleich die Visirlinie und der abstofsende Arm gedreht. Bei demselben Stande des Cylindermantels im Stande *h* der Bodenplatte bildet also trotz alles Drehens die Visirlinie mit der Richtung des Armes auch immer denselben Winkel γ. Sobald dann die Magnetnadel einspielt, d. h. rechtwinklich auf der Visirlinie steht,

1) Wegen des grofsen Radius, den man durch den langen Weg des Lichtes erhält, beträgt die Ungenauigkeit im Einstellen nur etwa 1 Minute.

bildet sie mit dem Arm auch immer das Kreuz α, d. h. sie macht mit ihm den Winkel $\alpha = 90^\circ - \gamma$ [1]).

Dreht man nun den Cylindermantel bei festgehaltenem Griffe i in dem Rande h nach der Richtung, in welcher die Magnetnadel abgestofsen wird, um einen Winkel β herum, so macht die Visirlinie jetzt mit dem abstofsenden Arm den Winkel $\gamma - \beta$, dagegen bildet die einspielende Magnetnadel mit ihm das Kreuz $\alpha + \beta$, der Ablenkungswinkel φ derselben vom Meridian mag seyn, welcher er will.

Dieser letztere wird gefunden, indem man die Stellung des Nonius vor und nach der Mittheilung der Elektricität bei einspielender Nadel auf dem getheilten Kreise abliest, was direct bis auf 2 Minuten genau geschieht.

Um die Stände des Cylindermantels im Rande h immer sogleich wiederfinden zu können, trägt der letztere in Form eines feinen schwarzen Striches ein Zeichen, und eben solche Zeichen finden sich mit Zahlen überschrieben aufsen auf dem Cylindermantel.

Man braucht für die Anwendung des Instrumentes gar nicht zu wissen, wie grofs die Winkel α, $\alpha + \beta$, $\alpha + \beta'$ u. s. w. sind, da die von der kleinen Tabelle angegebenen Beziehungen zwischen seinen Angaben beim Kreuz α und beim Kreuze $\alpha + \beta$ ohne die Kenntnifs von der Gröfse dieser Winkel auf empirischem Wege gefunden werden. Dennoch ist es für den Gebrauch bequem, die Zeichen auf dem Cylindermantel nicht willkührlich anzubringen. Man benutzt vielmehr das Beharren der nicht elektrisirten Nadel im Meridian dazu, von dem ersten Striche, welcher das Kreuz α bezeichnet, und wobei α passend etwa 5° grofs

1) Der Ausdruck »rechtwinklicht« ist hier nur der Kürze der Darstellung wegen gebraucht, denn der Mechaniker wird es schwerlich erreichen, dafs die Ebenen dieser kleinen Spiegelchen der magnetischen Axe der Nadel absolut genau parallel sind. Es ist das aber auch vollkommen gleichgültig, da es ja nur darauf ankommt, dafs die Nadel bei der Bestimmung ihres Ablenkungswinkels φ vom Meridian zu dem Arm genau immer dieselbe Stellung habe, diefs aber durch das Einspielen allemal erreicht wird.

ist, die folgenden Striche genau 5°, 10°, 20° u. s. w. anzubringen. Dann kann man den Fufs des Elektrometers so orientiren, dafs man die Stellung des Nonius über dem getheilten Kreise voraus weifs, bei welcher für jedes Kreuz $\alpha + \beta$ die im Meridian befindliche Nadel einspielt, so dafs man die Ablenkungswinkel φ durch einmaliges Ablesen gewinnt.

6. Bestimmung des Sinus-Elektrometers.

Nach der in 2 und 3 zusammengestellten Theorie vergleicht das Elektrometer nur die ihm mitgetheilten verschiedenen Quantitäten Q und Q'. Mehr kann überhaupt kein Elektrometer, und es ist Sache des Physikers, aus dieser Vergleichung weiter auf die elektrischen Mengen zu schliefsen, denen Q und Q' entnommen waren. Ist Gewifsheit vorhanden, dafs diese Mengen dem Q und Q' proportional waren, so ist ihr Verhältnifs zugleich mit bestimmt.

a. Das Elektrometer läfst sich also zu den Untersuchungen benutzen, welche man mit der Probescheibe oder Probekugel anzustellen pflegt. Es ziehen sich aber hier bestimmte Gränzen. Erstens darf man die Empfindlichkeit nicht zu sehr steigern wollen, weil die innen befindlichen unvermeidlichen Luftströmungen, für welche, da sie nicht erkennbar sind, nur durch Hinzuziehung genäherter galvanischer Ströme eine Correction erreichbar wäre, die Genauigkeit der Messung illusorisch machen würden. Das Dellmann'sche Elektrometer wird also durch das Sinus-Elektrometer nicht beseitigt. Zweitens ist die Bestimmung des Elektricitätsverlustes schwieriger als bei der Riefs'schen Drehwaage, da ein Theil des Verlustes im geschlossenen Raume, ein anderer Theil (an der Säule a) im offenen stattfindet, verschiedene Spannungen aber in diesen beiden Fällen verschiedenen Gesetzen folgen. Ich bin deswegen der Ansicht, dafs man, sobald es sich bei Untersuchungen mit der Probescheibe um die Erreichung der äufsersten Genauigkeit handelt, der zuletzt genannten Drehwaage den

Vorzug geben mufs. Drittens bemerke ich, dafs die in 3 erwähnte Tabelle zur Vergleichung der Angaben des Instrumentes bei verschiedenem Kreuze $\alpha+\beta$ zu den Versuchen mit der Probescheibe eine etwas andere seyn wird, als die nach dem in 8 angegebenen Verfahren gebildete, (vergl. 8.). Endlich versteht es sich wohl von selbst, dafs man bei der Berührung des Zuleitungsdrathes mit der Probescheibe, also beim Mittheilen der Elektricität, dafür sorgt, dafs immer dasselbe Kreuz zwischen Nadel und Arm stattfindet, weil sonst ein verschiedenes Verhältnifs in der Vertheilung der Elektricität zwischen Probescheibe und Elektrometer eintreten würde. Man darf also nur, während die Nadel im Meridian ist, den Zuleitungsdraht mit der Probescheibe momentan berühren, oder mufs beide Körper während der ganzen Messung in Verbindung lassen.

b. Dann läfst sich aber das Elektrometer auch benutzen, um unmittelbar mit der Elektricitätsquelle verbunden zu werden. Zu solchen Verbindungen bedient man sich passend eines dicken Drahtes, welcher in einen Ring endigt, der unter einem Winkel gegen den Draht steht, und hängt diesen Ring auf den Zuleitungsdraht *c*. Es verhütet dann das sich Schieben des Ringes auf diesem ein Verrücken des Elektrometers bei etwaigen Erschütterungen der Elektricitätsquelle.

α. So dient denn das Elektrometer dazu, die verschiedenen Ladungen desselben Körpers anzugeben, wenn es immer wieder auf dieselbe Weise mit ihm verbunden wird, oder auch die Veränderung seiner Ladung beobachten zu lassen, wenn es mit ihm verbunden bleibt.

β. Ebenso können verschiedene constante Elektricitätsquellen, wie galvanische oder zambonische Säulen, durch dasselbe verglichen werden, auch wenn sie ganz verschiedene Gestalt haben. Man wird dann nur die Vorsicht gebrauchen, den zu solchen Prüfungen dienenden Verbindungsdraht einige Fufs lang zu nehmen. In dem Falle nämlich wird der Einflufs der verschiedenen Gestalt der zu prüfenden Körper auf das Innere des Elektrometers

durch dessen Construction so gut wie ausgeglichen (vgl. 7) und die Ladung des beweglichen Kreuzes der elektromotorischen Kraft proportional.

γ. Derselbe Schluſs ist annäherungsweise zulässig auf die Spannung der freien Elektricität *verschiedener* elektrischer Batterien (Leidener Flaschen), indem diese annäherungsweise als constante Elektricitätsquellen zu betrachten sind. Obschon nämlich im ersten Momente der Theil der freien Elektricität der Batterie, welcher sich dem Elektrometer mittheilt, die elektrische Spannung an deren Oberfläche vermindert, so wird doch augenblicklich dafür ein Theil der vorher gebundenen Elektricität frei. Ist nun die in das Elektrometer übergeflossene Menge sehr klein gegen die gesammte Quantität in der Batterie, so wird auch sehr nahe die vorige Spannung wieder eintreten. Die Belegung einer Batterie braucht nicht sehr groſs zu seyn, damit dieser kleine Unterschied vollkommen innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler falle. Findet also diese Bedingung statt, was sich durch Entladung des vorher von der Batterie getrennten und dann mit ihr wieder vereinigten Elektrometers bald prüfen läſst, so kann man die Spannungen an verschiedenen Batterien vergleichen und damit, wenn man die übrigen Hülfsmittel besitzt, auch deren Gesammtladungen. Findet aber diese Bedingung nicht mehr statt, so ist zu einer genauen Vergleichung die Kenntniſs des Verhältnisses nöthig, in welchem sich die Elektricität zwischen der Batterie und dem Elektrometer theilt.

δ. Noch einen ganz besondern Gebrauch vor allen anderen Elektrometern läſst das Sinus-Elektrometer zu.

Es kann der Fall seyn, daſs die Ladung, welche man einem Körper plötzlich mittheilen will, von dem Momente der Mittheilung an beobachtet werden soll. Jedes Elektrometer, welches vorher mit dem Körper verbunden ist, wird durch die Ladung selbst erst in Bewegung gesetzt, und verhindert anfänglich durch seine Oscillationen die Beobachtungen. Weiſs man nun durch irgend welche Umstände den Winkel voraus, zu welchem das Sinus-Elektrometer

abgelenkt werden wird, so stellt man den Nonius auf den zu erwartenden Winkel, bringt die Magnetnadel durch einen in der Nähe befindlichen galvanischen Strom zum Einspielen und öffnet durch irgend einen Mechanismus die Kette in dem Momente, in welchem man den Körper mit Elektricität ladet. Dann bleibt beim Wechsel dieser ablenkenden Kräfte die Nadel unverrückt stehen und gewährt die Gelegenheit, die Ladung vom ersten Momente an zu beobachten. Ein interessantes Beispiel der Art werde ich nächstens in der Untersuchung über den elektrischen Rückstand der Batterie mittheilen.

7. Widerlegte Bedenken.

Wenn blofs der obere Theil des Apparates gedreht wird, so kommt das den Winkel α bildende Kreuz der beiden sich abstofsenden Körper in andere und andere Lagen zu dem zuleitenden Drahte und der Elektricitätsquelle, z. B. der Leidener Flasche, mit welcher das Elektrometer verbunden bleibt, und aufserdem zu den mit der entgegengesetzten Elektricität durch Influenz geladenen und nicht gedrehten Theilen des Apparates und zu dessen Umgebung, und man könnte befürchten, dafs dadurch jene Grundbedingung gefährdet sey, auf welche die die Messung vermittelnden Schlüsse basirt waren, dafs nämlich die Art und Weise, wie sich die Elektricität auf dem ganzen Körpersysteme vertheilt, unabhängig sey von dem Drehen, und constant, sobald nur derselbe Winkel α entstanden.

Da es nun möglich wäre, nicht blofs den oberen Theil des Instrumentes zu drehen, sondern das ganze Elektrometer zusammt der zu untersuchenden Elektricitätsquelle drehbar zu machen, so fragt es sich blofs, ob man Grund habe, sich dieser Unbequemlichkeit zu unterziehen, oder ob die ausgesprochene Befürchtung vielleicht in den Hintergrund trete gegen die Beobachtungsfehler, denen alle Elektrometer unterworfen sind, und welche in dem meist viel zu gering angeschlagenen Einflusse der Isolatoren eine reichliche Quelle besitzen, bei den Drehwaagen aufserdem

noch von der bis jetzt wenigstens nicht in Rechnung zu ziehenden fatalen Eigenschaft der elastischen Nachwirkung herrühren, der auch die Glas- und Metallfäden unterworfen sind.

Statt hier auf weitläufige Deductionen einzugehen, welche, da eine Rechnung unzulässig ist, doch fast nur einen subjectiven Werth bekommen würden, führe ich folgendes Factum an.

Eine geladene Leidener Flasche ist durch einen 18 Zoll langen Draht mit dem Elektrometer verbunden, und durch Drehen des letzteren der Winkel φ bestimmt, bei welchem die abgelenkte Magnetnadel einspielt. Läfst man nun die Flasche den Kreis beschreiben, welchen die Länge des Verbindungsdrahtes bedingt, so bleibt der Winkel φ ganz unverändert. Fast dasselbe geschieht, wenn man die Flasche allmälig dem Elektrometer näher bringt, indem man ihren Knopf an dem an einer isolirenden Handhabe gehaltenen Verbindungsdraht hergleiten läfst, doch habe ich da, wenn die Flasche dem Elektrometer sehr nahe kam, allerdings kleine Aenderungen im Stande der Nadel wahrgenommen.

Aus dem ersten Versuche folgt, dafs die Drehungen am Elektrometer bei feststehender Elektricitätsquelle gleichgültig sind; aus dem zweiten, dafs auf die Länge des Verbindungsdrahtes nur wenig ankommt.

Sucht man nach einem Grunde für diese Erscheinungen, so ist hauptsächlich der Umstand hervorzuheben, dafs das Gehäuse, in welchem die Nadel spielt, mit der Erde ableitend verbunden ist und zugleich wieder gegen die näheren Theile des Zuleitungsdrahtes im sogenannten elektrischen Schatten des die Kreistheilung tragenden breiten und ebenfalls abgeleiteten Metallringes *k* sich befindet. Durch einen abgeleiteten, zwischen die Elektricitätsquelle und das Elektrometer gestellten Schirm würde man, wenn man noch Sorgen hätte, diesen vorbauen, aufserdem aber schon durch hinreichende Entfernung der ersteren die gefürchteten Einflüsse unschädlich machen.

8. **Practisches Verfahren bei Aufstellung der in 3 erwähnten Tabelle.**

Man kann eine Tabelle, welche die Verhältnifszahlen v enthält, mit denen die Angaben des Instrumentes bei einem Winkel zwischen der Magnetnadel und dem abstofsenden Arm zu multipliciren sind, um mit den bei einem andern Winkel erhaltenen Angaben verglichen zu werden, für zweierlei Zwecke entwerfen, erstlich für den Fall, dafs die Elektricitätsquelle, mit welcher das Elektrometer verbunden bleiben soll, constant ist, also eine galvanische Säule oder eine grofse Leidener Batterie, zweitens für den Fall, dafs man mit der Probescheibe experimentiren will. Die in (3) entwickelten Grundsätze passen für beide Fälle, doch sieht man ein, dafs die Tabellen eine geringe Verschiedenheit zeigen werden. Eine Verkleinerung des Winkels $\alpha+\beta$ zwischen Nadel und Arm mufs aus diesem Kreuze, wenn es geladen ist, einen Theil der Elektricität nach der Säule a hindrängen, und es ist natürlich nicht gleichgültig, ob dieser verdrängte Theil nach einer grofsen Batterie sich ausbreiten kann, oder ob er im Ende des isolirten Zuleitungsdrahtes eine Begränzung für seine Bewegung findet. Danach erhält man denn zwei freilich nur sehr wenig von einander abweichende Tabellen.

Um für die erste eine passende Elektricitätsquelle zu bekommen, ladet man eine grofse elektrische Batterie recht stark, läfst die Ladung etwa 20 Minuten darin, und entladet dann. Wird jetzt das Elektrometer mit der Batterie verbunden, so zeigt es den nach und nach auftretenden Rückstand, und man wird dann bemerken, dafs eine längere Zeit hindurch eine fast ganz constante Spannung der Batterie sich zeigt. Es ist das die Zeit vor und nach dem Momente, wo das weitere Hervortreten des Rückstandes dem Elektricitätsverluste durch die Luft und die mangelhafte Isolation gerade das Gleichgewicht hält. Diesen Zeitraum benutze man um φ_α und $\varphi'_{\alpha+\beta}$ zu bestimmen.

Für die Vergleichung der Messungen bei Winkeln $\alpha+\beta$ des Kreuzes, welche gröfser sind, namentlich einem

Rechten sich mehr nähern, kann man auf diese Weise die Ladung durch den Rückstand nicht stark genug erhalten, wenn das Moment der Magnetnadel einigermafsen grofs ist. In dem Falle benutzt man unmittelbar die Ladung der Batterie, nachdem sie wenigstens 20 Minuten in derselben gestanden und die durch die Bildung des Rückstandes hervorgebrachte rasche Abnahme der Spannung aufgehört hat. Es mag hierzu ein Beispiel gegeben werden.

Es sollte also der Quotient $\sqrt{\frac{\sin\varphi_{30}}{\sin\varphi'_{40}}}$ bestimmt werden. Das Elektrometer blieb mit der Batterie verbunden. Der Cylindermantel wurde mit seinem Striche 30 auf den Strich des Randes eingestellt und nun der Winkel bestimmt, um welchen die Nadel aus dem Meridian abgelenkt wurde, wenn sie einspielte. Dieser betrug 25° 30′. Darauf wurde der Cylindermantel im Rande verschoben bis sein Strich 40 eingestellt erschien. Der Winkel, zu welchem das Kreuz 40 die Nadel ablenkte, betrug 17° 54′. So wurde fortgefahren und jedesmal nach anderthalb Minuten abwechselnd gemessen. Die Angabe des Instruments bei einem Kreuz wurde verglichen mit den Angaben vorher und nachher beim andern Kreuze, doch genügt es hierbei, die Mittel der Ablenkungswinkel selbst zu nehmen. Es fand sich auf diese Weise:

φ_{30}	φ'_{40}	$\sqrt{\frac{\sin\varphi_{30}}{\sin\varphi'_{40}}}$
25° 30′		
	17° 54′	1,1813
25 18		1,1829
	17 40	1,1834
25		1,1828
	17 30	1,1814
24 38		
	Mittel	1,1823

Man sieht, dafs in dem Mittel der Bestimmungen die dritte Decimalstelle als richtig angesehen werden mufs, und dafs durch eine gröfsere Zahl der Messungen allenfalls auch die vierte noch festgestellt werden könnte.

In

In solcher Weise bestimmt man nach und nach die einzelnen Verhältnifszahlen, nämlich

$$v = \sqrt{\frac{\sin \varphi_5}{\sin \varphi'_{10}}}, \quad v' = \sqrt{\frac{\sin \varphi_{10}}{\sin \varphi'_{20}}}, \quad v'' = \sqrt{\frac{\sin \varphi_{20}}{\sin \varphi'_{30}}}.$$

Dann wird noch

$$v \,.\, v' \,.\, v'' = \sqrt{\frac{\sin \varphi_5}{\sin \varphi'_{30}}}$$

seyn müssen, was man durch directe Messung bestätigt findet.

Diese Tabelle bleibt für dieselbe Nadel gültig, auch wenn deren Moment sich ändern sollte.

Zur Entwerfung der andern Tabelle für den Gebrauch der Probescheibe ist blofs noch hinzuzusetzen, dafs man eine ähnliche Beobachtungsreihe wie die eben gegebene ausführt während der Zuleitungsdraht isolirt bleibt, und das Instrument nur einmal geladen ist. Es hält die Elektricität so sehr gut, dafs man eine Reihe von 20 und mehr Messungen hintereinander anstellen kann. Um einen Begriff zu geben, wie weit diese Tabelle von der vorigen etwa abweichen werde, bemerke ich, dafs ich für sie

$$\sqrt{\frac{\sin \varphi_{30}}{\sin \varphi'_{40}}} = 1{,}188$$

gefunden habe.

9. Zweite Erweiterung im Gebrauche des Apparates.

Zuweilen wird auch der in (3) beschriebene Gebrauch des Elektrometers unter Benutzung der Tabelle für die Praxis noch nicht ausreichen, wenn man nämlich Spannungen vergleichen will, welche um mehr als das fünfundzwanzig- oder dreifsigfache von einander verschieden sind. Dann mufs man sich verschiedener Magnetnadeln von verschiedenem Momente bedienen.

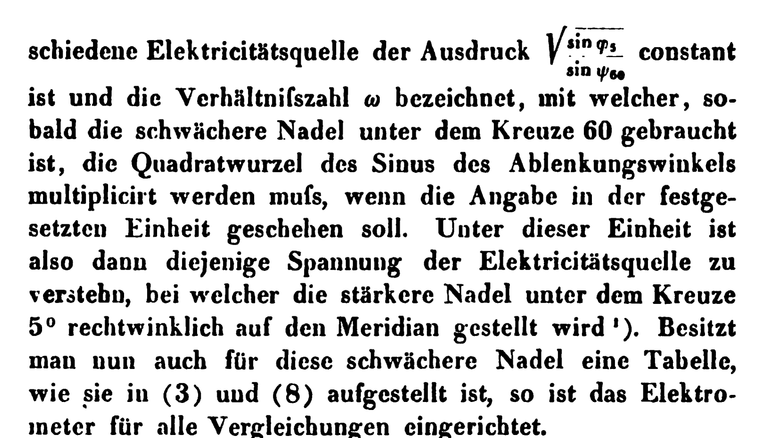
Die Nadel, welche mir zum Messen der stärksten Spannungen dient, ist eine cylindrische, ganz stählerne. Sie ist, weil das ihrem Momente keinen grofsen Abbruch thut, von beiden Seiten bis fast auf die Mitte hohl gebohrt, damit

ihre Schwingungsdauer kürzer wird, und an den Enden mit hohlen Messinghalbkugeln geschlossen. Bei 62 Millim. Länge und 3,5 Millim. Durchmesser wiegt sie 3,5 Gramm und macht 45 Schwingungen in der Minute. Aufserdem benutze ich andere Nadeln von geringerem Momente, welche verschieden eingerichtet werden können. So dient unter andern ein möglichst leichtes, an den Enden geschlossenes Messingröhrchen, in welchem nahe bei der Mitte zwei kleine Magnete in gleichem Sinne befestigt sind, oder eine ganz leichte Messingnadel, welche an den Enden vergoldete Hollundermarkkugeln trägt und nur durch die magnetisirten Stahlspiegelchen gerichtet wird. Jede dieser Nadeln trägt ihre besonderen Spiegelchen.

Die Angaben solcher verschiedenen Nadeln sind leicht auf einander zu reduciren, indem man sie bei derselben Elektricitätsquelle mit einander vergleicht.

Zu einer solchen kann man sich wiederum einer gröfseren elektrischen Batterie bedienen. Hier ist nämlich das gesammte Elektricitätsquantum so grofs gegen den auf das Elektrometer überfliefsenden Theil, dafs man eine Abnahme in der Spannung der Batterie nicht bemerkt, wenn man auch mehrmals hinter einander das Elektrometer mit ihr ladet. Man erzeugt also einen constanten Rückstand (vgl. 8) und prüft die Angaben der verschiedenen Nadeln, indem man vor ihrer Vertauschung die Verbindung zwischen dem Elektrometer und der Batterie aufhebt. Dabei wird man, wenn das Moment der Nadeln sehr verschieden ist, für die stärkere einen kleinen Winkel α, z. B. 5°, des Kreuzes benutzen, für die schwächere einen gröfsern Winkel z. B. das Kreuz 60°. Bedingt dann die stärkere den Ablenkungswinkel φ_5, die schwächere ψ_{60}, so ist an und für sich klar, dafs die Ablenkung ψ der schwächeren Nadel beim Kreuze 60 dieselbe Elektricitätsquelle andeutet, wie die Ablenkung φ der stärkern Nadel beim Kreuze 5. Man braucht aber nur die Betrachtung von (3) zu wiederholen, um einzusehen, dafs für dieselbe, übrigens noch so ver-

schiedene Elektricitätsquelle der Ausdruck $\sqrt{\frac{\sin\varphi_5}{\sin\psi_{60}}}$ constant ist und die Verhältnifszahl ω bezeichnet, mit welcher, sobald die schwächere Nadel unter dem Kreuze 60 gebraucht ist, die Quadratwurzel des Sinus des Ablenkungswinkels multiplicirt werden mufs, wenn die Angabe in der festgesetzten Einheit geschehen soll. Unter dieser Einheit ist also dann diejenige Spannung der Elektricitätsquelle zu verstehn, bei welcher die stärkere Nadel unter dem Kreuze 5° rechtwinklich auf den Meridian gestellt wird [1]). Besitzt man nun auch für diese schwächere Nadel eine Tabelle, wie sie in (3) und (8) aufgestellt ist, so ist das Elektrometer für alle Vergleichungen eingerichtet.



Es ist nämlich nicht nöthig, dafs dieselbe Tabelle für beide Nadeln passend sey. Man kann weder erwarten, dafs die Spiegelchen genau in der Ebene des Meridians liegen, noch dafs, vornehmlich bei den zusammengesetzten Nadeln, die magnetische Axe genau mit der geometrischen zusammenfalle, an welche letztere die abstofsende Kraft der Elektricität sich vornehmlich hält. Das durch die Visirlinie bestimmte Kreuz α kann also für die eine Nadel ein etwas anderes seyn als für die andere, so dafs z. B. für die eine das Einstellen des Cylindermantels die Winkel 5, 10, 20°, für die andere 4, 9, 19° hervorbringt. Der Unterschied, welcher dadurch in den Tabellen entsteht, ist freilich so gering, dafs er nur bei sehr sorgfältiger Aufstellung derselben bemerkt wird.

Das hier beschriebene Verfahren ist einzuschlagen, wenn das Elektrometer mit der Elektricitätsquelle unmittelbar verbunden werden soll. Für den Gebrauch der Probescheibe mufs man natürlich die Verhältnifszahlen aufsuchen, indem man mit dieser selbst das Elektrometer ladet, wenn die verschiedenen Nadeln aufgelegt sind.

Es versteht sich von selbst, dafs die Verhältnifszahlen, durch welche man die Angaben verschiedener Nadeln mit

1) Es ist leicht abzusehen, wie sich die Reduction ändert, wenn man eine andere Einheit einführen will.

einander vergleicht, nur so lange gültig bleiben, als deren Moment sich nicht ändert, dafs man also nach längerer Zeit entweder durch Schwingungsversuche oder durch Wiederholung des eben beschriebenen Verfahrens von diesem Umstande sich in Kenntnifs setzen mufs. Unabhängig von einer Aenderung des magnetischen Momentes sind aber die Tabellen für jede einzelne Nadel.

Mit Hülfe von zwei solchen Nadeln kann man Elektricitätsquellen untersuchen, welche bis gegen das 200-fache von einander verschieden sind, eine Bequemlichkeit, welche wohl in Anschlag zu bringen ist. Schade aber ist es, dafs man keine Aussicht hat, das Instrument unmittelbar zu absoluten elektrostatischen Messungen benutzen zu können, so dafs die Vergleichung zweier solcher Elektrometer, die ja nie absolut identisch in ihrer geometrischen Form hergestellt werden können, nicht durch die Bestimmung des magnetischen Momentes der Nadeln gemacht ist, sondern empirisch festgestellt werden mufs. Uebrigens sieht man, dafs der Apparat, wenn er frei von Elektricität ist, als Boussole vortreffliche Dienste leistet.

10. Nachtrag in Bezug auf die Anfertigung des Sinus-Elektrometers.

Die Säule *a* wird in die hartgelöthete, unten geschlossene Messinghülse mit Hülfe des Sandbades eingekittet. Man erhitzt erst so stark, dafs das Schellack, womit man die Oberfläche des Metalles bestreicht, fast raucht, läfst dann die Temperatur viel niedriger werden, und bringt nach und nach reines Schellack hinein, welches kaum Blasen werfen darf. Es ist gut, die ganz dickflüssige zähe Masse mit einem Stück des Lackes zuweilen umzurühren. Hat man die Säule, welche von einem Stativ mit Korkzange gehalten wird, eingesetzt, so mufs man sie mit einem Löthrohr stark erhitzen, damit das Lack anklebe. Je langsamer nun das Ganze erkaltet, desto weniger Risse bekommt nachher das Lack. Ein Centimeter weit mufs die Säule überall von der Wand der Hülse entfernt bleiben.

Die Bodenplatte *g* hat in der Mitte nach unten zu einen 1 Centim. breiten, im Durchmesser 3 Centim. weiten Ring, in welchen der Stift *d* mit Schellack eingekittet wird. In den Ring feilt man vorher sternförmig Vertiefungen, entfernt aber die Feilstriche, und bestreicht ihn innen bei starker Hitze mit dem Lack. Den Klumpen Schellack, welcher das Loch ausfüllen soll, kann man um den Stift *d* sich sammeln lassen, steckt diesen dann in ein Futter, welches in den Rand der Bodenplatte paſst, und bringt ihn unter Erhitzung der letzteren ein.

Die Holzsäulen tragen innen rechtwinklich gebogene Lappen von Messing, an welche der getheilte Ringkreis *k* angeschraubt wird. Die mit den Fingern zu fassenden Schraubenköpfe liegen nach unten, die Schraubenmuttern sind in dem Ringe und die Löcher in den Lappen sind so groſs, daſs der Ring des Centrirens wegen einige Verschiebung gestattet.

Nachdem der Ring in die Ebene gebracht ist, welche von der Axe des in der Säule *a* eingeschliffenen Conus bedingt wird, belegt man ihn mit einem Ringe von dickem Papier, setzt den Stift *d* mit dem Bodenbleche ein, und erhitzt den Stift mit dem Löthrohr, zugleich jetzt die Centrirung beachtend. Nach Wegnahme des Papiers streicht dann der Nonius dicht über dem getheilten Kreise hin. Einiges Nachdenken und einige Geduld lassen den Zweck immer vollständig erreichen. Schellack, wenn es frei von anderen Harzen ist, ist ein so fester Körper, daſs das einmal richtig centrirte Instrument in seinem Zustande unverändert bleibt. Sollte bei längerem Gebrauche das Lack eine mehr leitende Oberfläche durch Schmutz bekommen haben, so wischt man diesen trocken weg, reibt mit in absoluten Alkohol getauchtem Leinen nach, und giebt gehörige Zeit zum Trocknen.

Die Fassung des Spiegels *t* wird mit 3 Schrauben hinter der Durchbrechung des Cylindermantels befestigt. Man legt Streifen von vulkanisirtem Kautschuk unter, damit durch

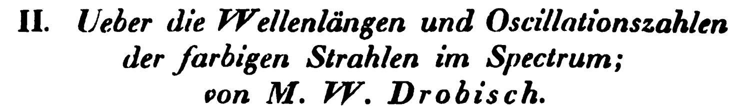
Schrauben die Ebene des Spiegels gehörig gerichtet werden kann.

Wie die Spiegelchen an der Magnetnadel befestigt sind, läfst sich aus Fig. 8 der Taf. IV erkennen, wo die Nadel schräg von unten gesehen abgebildet ist. Die Spiegel sind mit Silber auf eine unten aufgeschnittene Messinghülse so gelöthet, dafs ihre Ebenen nach oben einen Winkel von ungefähr 4° bilden, natürlich aber nach dem Löthen und Härten erst geschliffen, wobei zuletzt die scharfen Kanten und Ecken entfernt werden. Diese etwas federnde Hülse wird auf die Magnetnadel geschoben. Statt des Agathütchens, welches der Isolation wegen unbrauchbar ist, benutzt man ein Loch in der Stahlnadel selbst, weswegen man diese glashart läfst. Das Loch mufs fast durch die Nadel hindurchgehen, damit der Aufhängepunkt möglichst hoch über dem Schwerpunkt liege, weil sonst die Nadeln träge sind.

Aus Fig. 9 läfst sich der verticale Durchschnitt des oberen Theiles des Stiftes *d* ersehen, wie dieser nämlich den abstofsenden Arm und die Spitze trägt.

Ich bemerke schliefslich, dafs der hiesige Universitäts-Mechanikus Schubart schon für mehrere Physiker Sinus-Elektrometer ausgeführt hat, und dafs seine Instrumente mit Recht gelobt werden können. Der Preis ist 30 Thlr., wenn nur eine Nadel verlangt wird, während jede fernere Nadel je nach ihrer Construction 3 bis 4 Thlr. kostet.

Marburg, den 9. Febr. 1853.



II. *Ueber die Wellenlängen und Oscillationszahlen der farbigen Strahlen im Spectrum; von M. W. Drobisch.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Berichten d. K. Sächs. Gesellschaft d. Wiss. zu Leipzig, November 1852.)

Bei Gelegenheit meiner Arbeit über musikalische Tonbestimmung und Temperatur, die vor Kurzem im zweiten Bande der Abhandlungen der mathematisch physichen Klasse unserer Gesellschaft veröffentlicht worden ist, ward ich auf Untersuchungen über die Newton'sche Analogie zwischen Farben- und Tonverhältnissen geführt, deren Ergebnisse ich in der Augustsitzung d. J. vortrug und, mit Genehmigung der Klasse, meiner Abhandlung als zweiten Anhang beifügte. Ich durfte hierbei als bekannt voraussetzen, dafs die Physiker sich dieser Analogie wenig geneigt zeigen, indem sie einerseits gegen die Form, in welcher sie Newton (*Opt. Lib. I. P. II. Prop. III. Exper. VII.*) auf die Dimensionen des Spectrums bezog, erinnern, dafs, wegen des mit der Substanz des Prismas sich ändernden Zerstreuungsvermögens, constante Verhältnisse der Theile des Farbenbildes sich nicht angeben lassen, andererseits überhaupt die ganze Vergleichung mehr für einen Rest von jenen pythagorisch-platonischen Phantasiespielen, die selbst der grofse Keppler noch liebte, als für eine dem nüchternen und strengen Geiste der neueren Naturforschung angemessene Beziehung gehalten wissen wollen. Wäre es nöthig gewesen, Namen zu nennen, so hätte ich mich auf Prevost (*Mém. de l'Acad. de Berlin* 1802, *p.* 77 und 93), E. G. Fischer (mechan. Naturlehre, II, 229), Brandes (Gehler's n. physik. Wörterb. I, 310 und IV, 91) Littrow (ebendas. IX, 215), A. v. Humboldt (Cosmos III, 440) u. A. berufen können. Beiderlei Bedenken schienen mir jedoch gehoben, wenn man, von dem jetzt allgemein anerkannten analogen Ursprunge der Farben und Töne

durch *Schwingungen* ausgehend, sich die Frage vorlegte, ob nicht vielleicht die *Vibrationsmengen* der den Gränzen der prismatischen Farben zukommenden Strahlen in analogen Verhältnissen zu der Vibrationsmenge der äufseren Gränze des Roth ständen, wie die kleine Sekunde, kleine Terz, Quarte, Quinte, grofse Sexte, kleine Septime und Octave (oder, wie man es kürzer ausdrücken kann, die Töne der *phrygischen* Kirchentonart, vgl. Marx allgemeine Musiklehre S. 72) zur Prime, und hiedurch die Newton'sche Analogie sich bestätigen oder widerlegen lasse. Dieser Gedanke hat weder etwas Ungereimtes noch Phantastisches. Denn wenn es eine Thatsache ist, dafs an die einfachsten Zahlenverhältnisse sich Tonverbindungen von sehr bestimmtem (consonirenden oder dissonirenden) Charakter knüpfen, so könnte diese Thatsache, wenn sie auch ihrem letzten Grunde nach noch nicht aufgeklärt ist, sich gar wohl bei den Farben wiederholen [1]). Diese Untersuchung schien mir nun mittelst der unter Fresnel's und Herschel's Namen jetzt allgemein bekannten Bestimmungen jener Oscillationsmengen geführt werden zu können, und ich glaube richtig gezeigt zu haben, »dafs, *wenn* diesen Zahlen, selbst nur in ihren Verhältnissen, *absolute Gültigkeit* zukommt, auch Newton's Analogie ohne alle Beschränkung gilt.« (S. 114 meiner Abhdlg.) Es ergab sich nämlich aus den Tafeln Fresnel's und Herschel's, dafs die Schwingungsmengen der Farbengränzen sich verhalten wie die Zahlen

$$1,\ \left(\frac{9}{8}\right)^{\frac{1}{3}},\ \left(\frac{6}{5}\right)^{\frac{1}{3}},\ \left(\frac{4}{3}\right)^{\frac{1}{3}},\ \left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{1}{3}},\ \left(\frac{5}{3}\right)^{\frac{1}{3}},\ \left(\frac{16}{9}\right)^{\frac{1}{3}},\ 2^{\frac{1}{3}}.$$

Da nun Newton aus seinen Messungen der Durchmesser der farbigen Ringe gefolgert hatte (*Opt. Lib. II. Pars III.*

1) Ueberdiefs hat auch schon Young Vergleiche dieser Art angestellt. Er sagt (*Philos. Transact. for.* 1802, *p.* 38): *The whole visible spectrum appears to be comprised within the ratio of three to five, or a major sixth in music; and the undulations of red, yellow, and blue, to be related in magnitude as the numbers* 8, 7, *and* 6; *so that the interval from red to blue is a fourth.*

Prop. XVI), dafs die *intervalla vicium facilioris reflexionis et transmissus* den Reciproken der vorstehenden Zahlen proportional seyen, nach Young und Fresnel aber in der Undulationslehre ein solches Intervall gleichbedeutend mit einer halben Wellenlänge des Lichts ist, und die Längen der Lichtwellen sich umgekehrt wie die Oscillationsmengen verhalten, so mufste ich mein Resultat als eine volle Bestätigung der Newton'schen Analogie ansehen, wofern nur dieselbe nicht auf die Dimensionen des Spectrums, sondern auf die Oscillationsmengen der Gränzstrahlen bezogen wurde. Denn offenbar verhielten sich dann die Quadratwurzeln aus den Cubikzahlen derselben wie die Schwingungszahlen der Töne der phrygischen Tonleiter.

An der Voraussetzung, dafs in den Fresnel'schen und Herschel'schen Zahlen Resultate neuerer Messung vorlägen, kam mir nicht in den Sinn zu zweifeln, da ich höchst bedeutenden Autoritäten Glauben schenken mufste. Cauchy dessen Werke *sur la dispersion de la lumière* ich die Fresnel'sche Tafel entlehnte, sagt (p. 196): *les épaisseurs des ondes relatives aux couleurs principales du spectre solaire, et aux limites de ces couleurs, ont été déterminées par Fresnel avec une grande précision.* Littrow (Gehler's physik. Wörterbuch, VI, 349), nachdem er die Messungsmethode Fresnel's beschrieben, fügt hinzu: »Fresnel hat diese *Messungen mit grofser Genauigkeit* vorgenommen und folgende Resultate erhalten.« Ebenso sagt Arago von den Fresnel'schen Längenbestimmungen der Lichtwellen in einer von Humboldt veröffentlichten handschriftlichen Mittheilung (Cosmos III, 128): »*voici les amplitudes des ondulations deduites expérimentalement d'une série de faits relatifs aux interférences.*« Aehnliche Versicherungen wie die vorstehenden finden sich in den Lehrbückern der Physik von Pouillet (§. 420) und Lamé (§. 585) und wahrscheinlich noch in manchen anderen. — Ueber die Herschel'schen Zahlen fand ich bei Cauchy (p. 199) die freilich wenig aufklärende Bemerkung, dafs ihre Abweichung von den Fresnel'schen hauptsächlich auf

der Verschiedenheit der angenommenen Länge der Lichtwellen beruhe, was ich nach einer Andeutung von Brandes (Gehler's Wörterbuch VI, 348) so auslegen zu müssen glaubte, dafs Herschel die Newton'sche Messung der Durchmesser der farbigen Ringe wiederholt habe, und auf diesem Wege zu seinen Bestimmungen der Wellenlängen, aus denen dann die Oscillationszahlen von selbst folgen, gelangt sey.

Ein mir befreundeter ehemaliger Zuhörer, Hr. Dr. Richard Baltzer in Dresden, der sich bereits durch mehrere geometrische Arbeiten vortheilhaft bekannt gemacht hat, fand sich jedoch durch meine Abhandlung veranlafst, dem Grunde der Differenzen zwischen den Angaben Fresnel's und Herschel's weiter nachzuforschen, und ist zu einem Resultate gelangt, das wenigstens allen denen, welche sich, wie ich, auf Autoritäten, wie die vorgenannten, verlassen haben, überraschend seyn wird, und um so mehr bekannt zu werden verdient, als die irrige Ansicht bereits eine sehr verbreitete zu seyn scheint. Fresnel's Tafel der Wellenlängen findet sich, wie Dr. Baltzer bemerkt, in seiner Abhandlnng *sur la lumière*, die im Auszug in Poggendorff's Ann. (III, 89) eine Stelle gefunden hat. Es wird unbedenklich seyn, sich auf diese, obschon noch mittelbare Quelle zu beziehen. Hier sagt Fresnel (Ann. S. 114): »*Machte* man die soeben beschriebenen Versuche mit den sieben Hauptfarben, welche Newton im Sonnenspectrum unterschied, und *mäfse* die Breite der Streifen mit Hülfe des früher erwähnten Mikrometers, so sieht man ein, dafs sich daraus, mittelst Rechnung, die entsprechenden Werthe von d (der Wellenlänge) finden liefsen. *Diese Versuche habe ich indefs mit Sorgfalt nur bei dem ziemlich homogenen rothen Lichte angestellt,* welches gewisse Kirchenfenster durchlassen. Für die vorwaltenden Strahlen dieses Lichts, welche nahe auf die Gränze des Sonnenspectrums fallen, ist die Länge $d = 0{,}000638$ Millim. Man kann den Werth von d für die sieben Hauptgattungen von Strahlen *aus Newton's Beobachtungen über die*

farbigen Ringe ableiten, und es reicht dazu hin — — diejenigen Längen mit 4 zu multipliciren, welche er Accesse der Lichtmolekel zur leichteren Reflexion oder Transmission genannt hat. Auf diese Art ward folgende Tafel berechnet.» Es ist diefs mit einer einzigen ganz unbedeutenden Differenz (bei Grün 511 statt 512), dieselbe Tafel, die sich bei Cauchy (a. a. O. S. 197) findet. Wir lassen sie folgen.

Gränzen der Hauptfarben.	Aeufserste Werthe von *d*.	Hauptfarben.	Mittlere Werthe von *d*.
Aeufserstes Violett	0mm,000406		
		Violett	0mm,000423
Violett — Indigo	0 ,000439		
		Indigo	0 ,000449
Indigo — Blau	0 ,000459		
		Blau	0 ,000475
Blau — Grün	0 ,000492		
		Grün	0 ,000512
Grün — Gelb	0 ,000532		
		Gelb	0 ,000551
Gelb — Orange	0 ,000571		
		Orange	0 ,000583
Orange — Roth	0 ,000596		
		Roth	0 ,000620
Aeufsertes Roth	0 ,000645		

Sagt nun hier Fresnel selbst deutlich genug, dafs seine Tafel ganz auf Newton's Angaben beruht, so wird diefs, wie Dr. Baltzer fand, zur vollen Gewifsheit, wenn man dieselbe mit der Tafel vergleicht, die Biot (Lehrbuch der experim. Physik, übers. von Fechner, IV, 62) unmittelbar aus den Newton'schen Datis durch eine Rechnung, die er ausführlich beschreibt, abgeleitet hat. Er bestimmt hier in Milliontheilen des englischen Zolls die »Längen der Anwandlungen der verschiedenen Lichtmolecüle.» Diese Längen sind die Hälften von Newton's *intervallis vicium* (*intervals of fits*), welche wiederum die Hälften der Young-Fresnel'schen Wellenlängen sind. Es müssen also die Vierfachen der Biot'schen Tafel die Wellenlängen geben. Diefs ist in der That der Fall. Da nämlich 1 Zoll engl. = 0,000254 Mllm., das Vierfache hiervon also = 0,001016

ist, so braucht man nur die Biot'schen Zahlen unter der Rubrik »im leeren Raum« mit diesem Factor zu multipliciren, um vollkommen genau die Fresnel'schen Wellenlängen zu erhalten. Die Fresnel'sche Tafel ***besitzt hiernach durchaus keine Originalität***, sondern ist nur eine Umgestaltung der Biot-Newton'schen im Sinne der Undulationslehre. Die näheren Angaben über die erwähnte einzige eigene Messung Fresnel's stehen im 30ten Bande von Poggendorff's Annalen (nach *Mém. de l'Acad. de Sc. T. V*). Bedürfte es noch einer Bestätigung des zuvor Gesagten, so würde man sie hier finden. Denn Fresnel sagt an dieser Stelle (S. 184 Anm.): »Nach Newton's Messungen bei den Farbenringen ist die Undulationslänge für die äufsersten Strahlen $0^{mm},000645$, die für die Strahlen an der Gränze des Roth und Orangefarbenen $0^{mm},000596$, also für die mittleren rothen Strahlen $0^{mm},000620$. Mithin entspräche die Länge $0^{mm},000638$ einem Punkte des Sonnenspectrums, der dem Ende des Roth näher läge als der Mitte desselben, wenn Newton's Angaben nicht ein wenig zu klein sind.« Die Zahlen, welche hier Newton zuerkannt werden, sind, wie man sieht, eben dieselben, welche die jetzt nach Fresnel benannte Tafel enthält.

Was die Herschel'sche Tafel der Wellenlängen betrifft, so fand Dr. Baltzer ihr Original in Young's Abhandlung *On the theory of light and colours* (*Lectures of natur. philos. II*, 627), die zuerst in den *Philos. Transact. f.* 1802 veröffentlicht wurde. Sie ist mit Weglassung der Columne »*number of undulations in an inch*«, folgende, wo die Ueberschrift der zweiten Columne »*length of an undulation in parts of an inch, in air*«, die der dritten »*number of undulations in a second*« lautet:

Extreme . .	0,0000266	463 *millions of millions*
Red	0,0000256	482
Intermediate .	0,0000246	501
Orange . . .	0,0000240	512
Intermediate .	0,0000235	523
Yellow	0,0000227	542
Intermediate .	0,0000219	561 (=2^{49} nearly)
Green	0,0000211	584
Intermediate .	0,0000203	607
Blue	0,0000196	629
Intermediate .	0,0000189	652
Indigo	0,0000185	665
Intermediate .	0,0000181	680
Violet	0,0000174	707
Extreme . .	0,0000167	735

Die Undulationszahlen weichen von denen Herschel's ab, was sich daraus erklärt, dafs dieser (*On light* §. 575) die Geschwindigkeit des Lichts zu 192000 engl. Meilen (à 5280 Fufs), also zu 1013760000 Fufs, annimmt, Young dagegen sie zu 500000 Millionen Fufs in $8\frac{1}{8}$ Minuten ansetzt, was über 1025640000 Fufs beträgt, daher die Herschel'schen Undulationszahlen etwas kleiner werden müssen. Was aber die Wellenlängen betrifft, so kann man zwar keine absolute Uebereinstimmung mit den Fresnel'schen erwarten, da diese sich auf den leeren Raum, *die* Young's aber auf Luft beziehen [1]), also nur Proportionalität zu fordern ist, welche auch stattfindet; sie sollten jedoch als die Vierfachen der entsprechenden Zahlenwerthe in der angeführten Biot'schen Tafel (IV, 62) unter der Rubrik »in der Luft« darstellen, was nicht genau der Fall ist. Denn diese Vierfachen geben für die Gränzstrahlen in Zehnmilliontеln des englischen Zolls, in derselben Ordnung genommen, 254, 235, 225, 206, 194, 181, 173, 160, wo Young 266, 246, 235, 219, 203, 189, 181, 167 hat. Dafs aber dieser seine Zahlen ganz auf dieselbe Weise wie Fresnel aus den Newton'schen Angaben abgeleitet hat, sagt er deutlich mit den Worten: »*From Newton's*

1) Wiewohl, mag man nun den Reductionsfactor = 1,000276 oder = 1,000294 annehmen, der Unterschied zu gering ausfallen würde, als dafs er, wenn man nicht über Zehnmilliontel des Zolls hinausgeht, die Zahlen ändern könnte.

measures of the thicknesses reflecting the different colours, the breadth and duration of their respective undulations may be very accurately determined.« Nach Newton ist diese Dicke für die Gränze des Gelb und Orange $\frac{1}{89000}$ des englischen Zolls oder $\frac{10000}{89}$ Zehnmilliontel dieses Zolls. Diefs giebt verdoppelt 225. Nimmt man dagegen mit Young 235 an, so müfste jene Dicke $\frac{1}{85106}$ engl. Zoll betragen. Es scheint daher fast, als ob hier ein Schreibfehler in der Grundbestimmung (235 statt 225) die abweichenden Zahlen der ganzen Tafel veranlafst hätte. Im Uebrigen ist diefs für unsere Frage von keiner Bedeutung, da es fessteht, dafs auch diese Young'sche Tafel *nicht auf neueren Messungen* beruht. Was aber die Newton'schen Messungen betrifft, so ist die eben angeführte die einzige, die er angiebt; von den Dicken der Luftschichten an den sämmtlichen Farbengränzen sagt Newton nur, dafs sie, nach seinen Experimenten, den Cubikwurzeln der Quadrate der Saitenlängen der Töne proportional seyen, welche wir mit *D, E, F, G, A, H, c, d* bezeichnen [1]). Wie grofs die Uebereinstimmung zwischen diesen Zahlenverhältnissen und den wirklichen Messungen gewesen seyn mag, läfst sich, da er diese selbst nicht mitgetheilt hat, nicht mehr beurtheilen.

Hieraus geht nun klar hervor, dafs sowohl die Fresnel'schen als die Herschel'schen Bestimmungen der Wellenlängen und Vibrationszahlen der farbigen Strahlen *ganz und gar die Newton'sche Analogie zur Basis haben,* und die Voraussetzung, von der ich bei meiner Arbeit ausgehen zu dürfen glaubte, dafs mir in jenen Bestimmungen Resultate neuerer Messungen vorlägen, durch welche die Richtigkeit jener Analogie geprüft werden könnte, eine irrige war. Verliert nun hierdurch allerdings das Resultat meiner Rechnungen allen Werth, indem es nur das reproducirt, was ver-

1) *Opt. L. II. P. I. Obs. XIV.*

steckt die Voraussetzung der Voraussetzung ist, so erhält doch die Sache selbst, der ich diente, durch diese Enthüllung eine wesentliche Unterstützung. Denn es erhellt, daſs nicht nur der Freund der Emissionslehre Biot, sondern auch ihre Gegner, Young, Fresnel und Herschel, die Analogie zwischen Farben- und Tonverhältnissen *als ein durch Newton's Messungen wohlbegründetes Gesetz ansehen.* Wäre mir dieſs früher bekannt gewesen, so hätte ich nur einfach zu bemerken gehabt, daſs, wenn auch die Analogie zwischen den Dimensionen des Spectrums und den Tonverhältnissen der phrygischen Scala mit Recht als ein Irrthum Newton's bezeichnet werde, doch die Proportionalität zwischen den Quadratwurzeln der dritten Potenzen der Vibrationszahlen der Strahlen der Farbengränzen und den Schwingungszahlen jener Töne, den genannten groſsen Physikern für ein *Gesetz* gelte, und somit eine Analogie zwischen Farben- und Tonverhältnissen bei ihnen *in der That Anerkennung finde.* Ich muſs es ertragen, wenn man mich tadelt, weil ich nicht auf die letzten Quellen zurückgegangen bin; es ist aber doch überraschend, daſs in einer exacten Wissenschaft, wie die Physik, nicht auch die abgeleiteten Quellen, wie man sieht, immer zuverlässig genug sind, um auf ihre Angaben ohne Miſstrauen weiter bauen zu können.

Bei dem gröſsten Vertrauen zu Newton's Gewissenhaftigkeit und Schärfe im Beobachten und Messen bleibt indeſs immer noch eine Prüfung des aus seinen Beobachtungen gezogenen Resultats höchst wünschenswerth; denn ein ohne alle Controle der zum Grunde liegenden Messungen anerkanntes Gesetz scheint denn doch zu den Ausnahmen von der Regel zu gehören, die sonst in der Physik streng beobachtet zu werden pflegt. Newton's Messungen sind nun zwar; allem Anschein nach, von Niemand wiederholt worden, dagegen besitzen wir bereits seit mehr als 30 Jahren in Fraunhofer's auf anderem Wege gefundenen Längen der Lichtwellen Maaſsbestimmungen derselben von der gröſsten Zuverlässigkeit und allgemein be-

wunderter Schärfe. Es fragt sich nun, ob und in wie weit diese zur Prüfung des Newton'schen Gesetzes benutzt werden können.

Fraunhofer hat zwei Reihen von Messungen angestellt, von denen die erste in der Abhandlung »Neue Modificationen des Lichtes u. s. w.« (Denkschriften der k. Acad. zu München VIII. 38), die zweite schärfere in dem »Kurzen Berichte von den Resultaten neuerer Versuche über die Gesetze des Lichtes u. s. w.,« (Gilbert's Annalen Bd. 74, S. 359), enthalten ist. In dem letztern findet sich zugleich (Ann. S. 343) auch die ältere Reihe seiner Messungen. Fraunhofer's Bestimmungen beziehen sich jedoch weder auf die Gränzen der sieben Hauptfarben, noch auf die Mitten zwischen diesen Gränzen, sondern auf sieben der von ihm schon früher entdeckten dunklen Linien im Spectrum (Münchn. Denkschriften V, 193), welche ziemlich unregelmäfsig in demselben vertheilt sind, und die er mit den Buchstaben B, C, D, E, F, G, H in dem beigegebenen Bilde des Spectrums bezeichnet. Hinsichtlich der Färbung der Strahlen bei diesen Linien bemerkt F. (Denkschriften VIII. 27), dafs B tief im Rothen, C ebenfalls im Rothen, D im Orange, E im Grünen, F im Anfang vom Blau, G im Indigo, H im Violetten liege. In dem kurzen Berichte wird (Annalen Bd. 74, S. 341) B als ein rother Strahl angegeben, der gegen das Ende des Spectrums liegt, die Wellenlängen für ihn aber nicht bestimmt, da diese Linie wegen der grofsen Ausdehnung des Bildes nicht so gut zu sehen war, um ihren Ort mit Sicherheit bestimmen zu können. Bezeichnen wir die Wellenlängen dieser Strahlen nach Fraunhofer's älteren Messungen durch B, C, D, ... H, nach den späteren (die er für so genau hält, dafs nach seiner Ueberzeugung für die helleren Farben nicht der tausendste Theil der Länge der Lichtwelle ungewifs seyn seyn kann) durch C', D', E', ... H', so stellt folgende Tafel diese Längen in Hundertmillionteln des Pariser Zolles dar:

$D =$

$B = 2541$	
$C = 2425$	$C' = 2422$
$D = 2175$	$D' = 2175$
$E = 1943$	$E' = 1945$
$F = 1789$	$F' = 1794$
$G = 1585$	$G' = 1587$
$H = 1451$	$H' = 1464.$

Auf den ersten Anblick scheint nun bei der nicht näher bestimmten Lage dieser fixen Linien gegen die Farbengränzen eine Vergleichung dieser Messungsresultate mit den Berechnungen nach Newton nicht ausführbar. Bei näherer Betrachtung ergiebt sich jedoch, dafs sie allerdings zur Prüfung des von Newton angenommenen Gesetzes benutzt werden können. Es ist auffallend, dafs Cauchy, der bei seinen Untersuchungen über die Dispersion des Lichtes die *ältere* Reihe der Fraunhofer'schen Bestimmungen durchaus als Grundlage braucht, dieselben nicht mit der Fresnel'schen Tafel, die er unmittelbar darauf folgen läfst, verglichen hat; ich mufs jedoch bekennen, mich bei meiner eigenen Arbeit über die Newton'sche Analogie desselben Fehlers schuldig gemacht zu haben. Reducirt man nämlich die *erste* Reihe von Fraunhofer's Beobachtungen, welche sich auf Wellenlängen in der Luft beziehen, auf den leeren Raum, und die Theile des Pariser Zolls auf Milliontel des Millimeters, so ergiebt sich (vgl. Cauchy p. 194 und 197) folgende Zusammenstellung:

nach Fresnel.		nach Fraunhofer.	
Aeufserstes Roth	645		
		B, roth	688,0
		C, roth	656,6
Roth — Orange	596		
		D, orange	588,9
Orange — Gelb	571		
		E, grün	526,1
Gelb — Grün	532		
		—	—
Grün — Blau	492		
		F, blau	484,4
Blau — Indigo	459		
		G, indigo	429,2
Indigo — Violett	439		
		H, violett	392,9
Aeufserstes Violett	406		

Nur die Strahlen *D*, *E*, *F* zeigen hier die Werthe, welche mit den Fresnel'schen Gränzwerthen, folglich mit dem von Newton angenommenen Gesetz, verträglich sind; dagegen fallen *B* und *C* über die Gränze des Rothen, *H* über die des Violetten hinaus, *G* läge fälschlich im Violetten. Natürlich ist nun auch der Quotient $\frac{B}{H} = 1{,}75108$ *grössér* als der Quotient aus den Wellenlängen der äussersten Gränzstrahlen nach dem Newton'schen Gesetz, $2^{\frac{2}{3}} = 1{,}58740$, indess er doch, da *B* und *H* *zwischen* den äussersten Gränzen des Spectrums liegen, *kleiner* seyn sollte. Die zweite Reihe der Fraunhofer'schen Messungen ist von der ersten zu wenig verschieden, als dass diese ein dem Newton'schen Gesetz günstigeres Resultat geben könnte. *Dieses Gesetz muss daher in der Form, in welcher es von Newton aufgestellt und von Biot, Young, Fresnel und Herschel angenommen wurde, als unverträglich mit den Messungen Fraunhofer's aufgegeben werden.*

Es kann jedoch weiter in Erwägung gezogen werden, ob sich dasselbe nicht in solcher Weise modificiren lasse, dass es, ohne seinen Charakter als Analogie zur phrygischen Tonleiter zu verlieren, mit den Fraunhofer'schen Messungen nicht mehr im Widerspruch stehe. Dass diess möglich, und von welcher Art die dazu erforderliche Modification ist, lässt sich auf folgende Weise zeigen.

Untersuchen wir nämlich, ob es einen Exponenten z giebt, der, an die Stelle des Newton'schen $\frac{2}{3}$ gesetzt, die relativen Schwingungszahlen der phrygischen Tonleiter auf Potenzen erhebt, welche Gränzbestimmungen der Farben geben, die mit Fraunhofer'schen Messungen vereinbar sind. Sey die bekannte Wellenlänge des dem äussersten Roth zugehörigen Strahles $= \lambda$, so werden dann die Wellenlängen der farbigen Gränzstrahlen der Reihe nach wie folgt ausgedrückt, wenn wir die Farbengränzen durch die Anfangsbuchstaben bezeichnen.

$$\begin{matrix} \text{A. R.,} & \text{R. O.,} & \text{O. Ge.,} & \text{Ge. Gr.,} & \text{Gr. B.,} & \text{B. I.,} \\ \lambda, & \lambda\left(\frac{8}{9}\right)^z, & \lambda\left(\frac{5}{6}\right)^z, & \lambda\left(\frac{3}{4}\right)^z, & \lambda\left(\frac{2}{3}\right)^z, & \lambda\left(\frac{3}{5}\right)^z, \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \text{I. V.,} & \text{A. V.} \\ \lambda\left(\frac{9}{16}\right)^z, & \lambda\left(\frac{1}{2}\right)^z. \end{matrix}$$

Nach der Farbe der Fraunhofer'schen Strahlen müssen nun offenbar λ und z solche Werthe haben, dafs durch sie folgende Bedingen erfüllt werden.

$$\begin{array}{ll} C' < \lambda & C' > \lambda\left(\frac{8}{9}\right)^z \\ D' < \lambda\left(\frac{8}{9}\right)^z & D' > \lambda\left(\frac{5}{6}\right)^z \\ E' < \lambda\left(\frac{3}{4}\right)^z & E' > \lambda\left(\frac{2}{3}\right)^z \\ F' < \lambda\left(\frac{2}{3}\right)^z & F' > \lambda\left(\frac{3}{5}\right)^z \\ G' < \lambda\left(\frac{3}{5}\right)^z & G' > \lambda\left(\frac{9}{16}\right)^z \\ H' < \lambda\left(\frac{9}{16}\right)^z & H' > \lambda\left(\frac{1}{2}\right)^z. \end{array}$$

Dividirt man jede der sechs Ungleichungen der ersten von diesen beiden Reihen durch ihre nebenstehende in der zweiten Reihe, so erhält man die drei Ungleichungen

$$1 < \left(\frac{9}{8}\right)^z,\ 1 < \left(\frac{16}{15}\right)^z,\ 1 < \left(\frac{10}{9}\right)^z,$$

von denen die erste und letzte von selbst folgen, wenn die mittlere erfüllt ist. Sie zeigen aber nichts weiter, als dafs $z > 0$ seyn mufs. Dividirt man aber ferner jede Ungleichung jeder von beiden Reihen durch jede der nebenstehenden nachfolgende in der anderen Reihe, so ergeben sich folgende dreifsig Ungleichungen, von denen die, welche z enthalten, die beigesetzten Werthe von z fordern, die übrigen schon durch die Voraussetzung erfüllt sind.

$$\begin{array}{ll} \frac{C'}{D'} < \left(\frac{6}{5}\right)^z;\ z > 0{,}5889 & \frac{C'}{D'} > 1 \\ \frac{C'}{E'} < \left(\frac{3}{2}\right)^z;\ z > 0{,}5409 & \frac{C'}{E'} > \left(\frac{32}{27}\right)^z;\ z < 1{,}2907 \\ \frac{C'}{F'} < \left(\frac{5}{3}\right)^z;\ z > 0{,}5875 & \frac{C'}{F'} > \left(\frac{4}{3}\right)^z;\ z < 1{,}0434 \end{array}$$

$$\frac{C'}{G'} < \left(\frac{16}{9}\right)^z;\ z > 0{,}7347 \qquad \frac{C'}{G'} > \left(\frac{40}{27}\right)^z;\ z < 1{,}0756$$
$$\frac{C'}{H'} < 2^z\ ;\ z > 0{,}7262 \qquad \frac{C'}{H'} > \left(\frac{128}{81}\right)^z;\ z < 1{,}1007$$
$$\frac{D'}{E'} < \left(\frac{4}{3}\right)^z;\ z > 0{,}3885 \qquad \frac{D'}{E'} > \left(\frac{10}{9}\right)^z;\ z < 1{,}0609$$
$$\frac{D'}{F'} < \left(\frac{40}{27}\right)^z;\ z > 0{,}4899 \qquad \frac{D'}{F'} > \left(\frac{5}{4}\right)^z;\ z < 0{,}8630$$
$$\frac{D'}{G'} < \left(\frac{128}{81}\right)^z;\ z > 0{,}6888 \qquad \frac{D'}{G'} > \left(\frac{25}{18}\right)^z;\ z < 0{,}9595$$
$$\frac{D'}{H'} < \left(\frac{16}{9}\right)^z;\ z > 0{,}6880 \qquad \frac{D'}{H'} > \left(\frac{40}{27}\right)^z;\ z < 1{,}0072$$
$$\frac{E'}{F'} < \left(\frac{5}{4}\right)^z;\ z > 0{,}3621 \qquad \frac{E'}{F'} > 1$$
$$\frac{E'}{G'} < \left(\frac{4}{3}\right)^z;\ z > 0{,}7070 \qquad \frac{E'}{G'} > \left(\frac{10}{9}\right)^z;\ z < 1{,}9307$$
$$\frac{E'}{H'} < \left(\frac{3}{2}\right)^z;\ z > 0{,}7006 \qquad \frac{E'}{H'} > \left(\frac{32}{27}\right)^z;\ z < 1{,}6722$$
$$\frac{F'}{G'} < \left(\frac{32}{27}\right)^z;\ z > 0{,}7216 \qquad \frac{F'}{G'} > 1$$
$$\frac{F'}{H'} < \left(\frac{4}{3}\right)^z;\ z > 0{,}7065 \qquad \frac{F'}{H'} > \left(\frac{16}{15}\right)^z;\ z < 3{,}1497$$
$$\frac{G'}{H'} < \left(\frac{6}{5}\right)^z;\ z > 0{,}4424 \qquad \frac{G'}{H'} > 1.$$

Hieraus ergiebt sich, dafs, um allen diesen Ungleichungen Genüge zu leisten, seyn mufs

$$z > 0{,}7347 \text{ und } < 0{,}8630.$$

Substituirt man nun $z > 0{,}7347$ in den fünf Ungleichungen der ersten der beiden oben gegebenen Reihen, welche z und λ enthalten, und $z < 0{,}8630$ in den sechs Ungleichungen der zweiten Reihe, so kommt, mit Hinzufügung von $\lambda > C'$.

$$\lambda > 2422 \qquad \lambda < 2681{,}1$$
$$\lambda > 2371{,}6 \qquad \lambda < 2545{,}6$$
$$\lambda > 2402{,}8 \qquad \lambda < 2759{,}9$$
$$\lambda > 2416{,}6 \qquad \lambda < 2787{,}9$$
$$\lambda > 2309{,}8 \qquad \lambda < 2607{,}5$$
$$\lambda > 2234{,}2 \qquad \lambda < 2663{,}3.$$

Also mufs seyn

$$\lambda > 2422 \text{ und } < 2545{,}6.$$

Da nun nach der früheren Messung Fraunhofer's der Strahl B die Wellenlänge 2541 hat, nach den späteren Messungen in dieser Gegend des Spectrums aber die Werthe nur um einige Einheiten kleiner seyn können, so darf man annehmen, dafs

$$\lambda > 2541 \text{ und } < 2545{,}6.$$

Soll nun z, wie Newton's Exponent $\frac{2}{3}$, ein aus möglichst kleinen Zahlen bestehender Bruch seyn, so fallen zwischen die gefundenen Gränzen von z von Werthen dieser Art nur die vier: $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{5}{6}$ und $\frac{6}{7}$. Von diesen zeigen sich aber die drei ersten als untauglich. Denn da aus $D' > \lambda \left(\frac{5}{6}\right)^z$ folgt $\lambda < D' \left(\frac{6}{5}\right)^z$, so würde

$$z = \frac{3}{4},\ \lambda < 2492{,}9$$
$$z = \frac{4}{5},\ \lambda < 2516{,}5$$
$$z = \frac{5}{6},\ \lambda < 2530{,}8$$

fordern, welche Werthe mit der Bedingung $\lambda > 2541$ unverträglich sind. Dagegen fordert

$$z = \frac{6}{7},\ \lambda < 2542{,}9.$$

Setzt man daher $\lambda = 2542$ und $z = \frac{6}{7}$, so wird allen zwölf anfänglichen Bedingungs-Ungleichungen Genüge geleistet. Es ergiebt sich nämlich hieraus folgende Tafel, in welcher die Wellenlängen sich auf Luft beziehen und in der zweiten und dritten Columne in Hundertmillionteln des Pariser Zolls ausgedrückt sind. Die letzten beiden Spalten geben sie, zur Vergleichung mit Fresnel, in Millionteln des Millimeters an.

Gränzstrahlen.	Wellenlänge.	Fraunhofer's Strahlen.	Wellenlänge.	Milliontel des Millimeters.	
Aeufserstes Roth	2542	....	.....	688,1	
		B, roth	2541	.....	687,8
		C', roth	2422	.....	655,6
Roth — Orange	2297,9	....	.....	622,0	
		D', orange	2175	.....	588,8
Orange — Gelb	2174,2	....	.....	588,6	
		— —	—		
Gelb — Grün	1986,4	....	.....	537,7	
		E', grün	1945	.....	526,5
Grün — Blau	1795,7	....	.....	486,1	
		F', blau	1794	.....	485,6
Blau — Indigo	1640,7	....	.....	446,2	
		G', indigo	1587	.....	429,6
Indigo — Violett	1552,4	....	.....	420,1	
		H', violett	1464	.....	396,3
Aeufserstes Violett	1403,3	....	.....	379,8	

Hier stehen nun sämmtliche Fraunhofer'sche Wellenlängen mit den Wellenlängen der Gränzstrahlen in derjenigen Uebereinstimmung, die durch ihre Farbe gefordert wird. Man kann daher sagen, *dafs, wenn man in der Newton'schen Analogie statt des Exponenten $\frac{2}{3}$ den Werth $\frac{6}{7}$ setzt, sie mit den Fraunhofer'schen Messungen vereinbar wird, weder ein kleinerer noch ein gröfserer Bruchwerth aus einziffrigen Zahlen aber mit jenen Messungen sich verträgt.*

Nimmt man mit Struve die Geschwindigkeit des Lichtes zu 41549 geogr. Meilen (à 3807,23 Toisen) an, so ergiebt sich folgende Tafel für die Oscillationszahlen in Billionen, der in der letzten Columne diejenigen Werthe beigefügt sind, welche bei der angenommenen Geschwindigkeit aus der Fresnel'schen Tafel für die Gränzstrahlen folgen.

Gränzstrahlen.	Oscillationszahlen.	Fraunhofer's Strahlen.	Oscillationszahlen.	Fresnel's Oscillationszahlen.
Aeufserstes Roth	448,1	....	......	478,0
		B, roth	448,2	
		C', roth	469,2	
Roth — Orange	495,6	....	......	517,3
		D', orange	523,6	



Gränzstrahlen.	Oscillationszahlen.	Fraunhofer's Strahlen.	Oscillationszahlen.	Fresnel's Oscillationszahlen.
Orange — Gelb	523,8	. . . .	. . . . . .	539,9
		— —	—	
Gelb — Grün	573,2	. . . .	. . . . . .	579,5
		E, grün	585,6	
Grün — Blau	634,2	. . . .	. . . . . .	626,6
		F, blau	634,9	
Blau — Indigo	694,2	. . . .	. . . . . .	671,7
		G, indigo	717,8	
Indigo — Violett	733,7	. . . .	. . . . . .	702,3
		H, violett	776,4	
Aeufserstes Violett	811,6	. . . .	. . . . . .	759,5

Die Zahlen der vierten Columne der vorstehenden Tafel, welche allein auf der sicheren Basis der Fraunhofer'schen Messungen und der neusten Bestimung der Geschwindigkeit des Lichts beruhen, dürften in den Lehr-, Hand- und Wörterbüchern der Physik wohl eher auf eine Stelle Anspruch machen können, als die aus den jedenfalls unvollkommeneren Beobachtungen Newton's abgeleiteten Mittelzahlen aus den Oscillationsmengen der Fresnel'schen oder Herschel'schen Gränzstrahlen, welche man zur Zeit meistens allein aufgeführt findet.

Die Untersuchung über die Gültigkeit der Newton'schen Analogie als Gesetz ist hiermit noch nicht abgeschlossen; denn es ist auch durch die vorstehende Nachweisung *noch nicht positiv* erwiesen, dafs den Gränzstrahlen die berechneten Wellenlängen *wirklich* zukommen. Dazu wäre nöthig, dafs ähnliche Messungen wie die Fraunhofer'schen für die dunkeln Linien des Spectrums, welche mit den Gränzen der Farben zusammenfallen, ausgeführt würden. Solche Messungen werden nicht die gleiche Schärfe erreichen können wie die bereits vorliegenden, weil die Farben unmerklich in einander übergehen, ihre Gränzen mehr oder weniger unbestimmt sind, auch nicht, nach Fraunhofer's Abbildung im 5ten Bande der Münchener Denkschriften zu urtheilen, auf alle jene Gränzen dunkle Linien zu fallen scheinen. Allein es wird doch möglich seyn, den Ort der Gränzen mit einer für den Zweck zureichenden Genauig-

keit mittels der Orte der ihnen benachbarten Linien zu bestimmen und daraus die ihnen zukommenden Wellenlängen abzuleiten. Alsdann erst kann sich zeigen, wie weit die nach der modificirten Newton'schen Analogie hier berechneten Werthe damit übereinstimmen. Es ist nicht nur möglich, sondern selbst wahrscheinlich, dafs noch andere Modificationen jener Analogie sich dann als nothwendig zeigen werden, ja dafs sie vielleicht ganz aufgegeben werden mufs. Denn die Vergleichung der berechneten Werthe mit Fraunhofer's Abbildung des Spectrums läfst schon jetzt einige Differenzen deutlich erkennen. Die Gränze des Rothen z. B. scheint eine gröfsere Zahl als 2542 zu fordern, da diese sehr nahe an B liegt. Ferner fällt nach der Berechnung D dicht an die Gränze Orange — Gelb, im Bilde dagegen liegt es näher als dieser der Gränze des Roth und Orange. Besser würde es hier stimmen, für die Wellenlänge des Orange — Gelb statt $\lambda\left(\frac{5}{6}\right)^{\frac{6}{7}}$ anzunehmen $\lambda\left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{6}{7}}$ (also der kleinen Terz die grofse zu substituiren), was 2099,5 statt 2174,2 giebt. Dieser Werth, welcher in Zehnmilliontelu des Millimeters ausgedrückt $=571$ ist., würde auch mit der einzigen bekannten Messung Newton's, die sich gerade auf diese Gränze bezieht, vollständig übereinstimmen, wie diefs aus der Fresnel'schen Tafel hervorgeht.

Zum Schlufs endlich noch folgende allgemeine Bemerkung. Die Vergleichung der Schwingungszahlen der Farbenstrahlen und Töne läfst sich aus zwei Gesichtspunkten anstellen. Der einfachere ist der, dafs man die Quotienten aus den Oscillationszahlen bildet und sie nach den Intervallen benennt, deren Schwingungen die gleichen oder nahe gleichen Quotienten geben. Nach dieser Auffassung, welche die Young's ist, (vergl. die oben in der Anmerkung S. 526 angeführte Stelle), würden z. B. Fraunhofer's Strahlen BH der kleineren übermäfsigen Sexte $\frac{125}{72}$, BG der kleinen Sexte, CD dem kleinen ganzen Ton $\frac{10}{8}$, EH der

Quarte entsprechen, die äufsersten Gränzen des Roth und Violett nach vorstehender Berechnung nahe die gröfsere kleine Septime $\frac{9}{5}$ geben. Die zweite Ansicht, die wir als die Newton'sche bezeichnen können, geht davon aus, dafs die Schwingungsverhältnisse der in den Tonleitern vorkommenden Töne $\frac{9}{8}$, $\frac{6}{5}$, $\frac{5}{4}$ u. s. w. sich als Potenzen von 2 dem Schwingungsverhältnifs der Octave zum Grundton, betrachten lassen, deren Exponenten dann $\frac{\lg \frac{9}{8}}{\lg 2}$, $\frac{\lg \frac{6}{5}}{\lg 2}$, $\frac{\lg \frac{5}{4}}{\lg 2}$ u. s. f. sind und (nach Euler) die Gröfse der *musikalischen Intervalle* bestimmen, so dafs also, wenn diese durch x_1, x_2, x_3 etc. bezeichnet werden 2^{x_1}, 2^{x_2}, 2^{x_3} u. s. f. jene Verhältnifszahlen ausdrücken; und das Intervall zwischen Grundton und Octave $\frac{\lg \frac{2}{1}}{\lg 2} = 1$ ist. Betrachtet man nun die äufsersten Gränzen des Spectrums als entsprechend dem Grundton und der Octave, so ist ihr Schwingungsverhältnifs nicht, wie bei den Tönen, 1 : 2, sondern, nach Newton, $1 : 2^{\frac{2}{3}}$, nach der vorstehenden Modification seiner Analogie $1 : 2^{\frac{6}{7}}$. Die Farben, deren Schwingungsverhältnisse zum äufsersten Roth durch $2^{\frac{2}{3}x_1}$, $2^{\frac{2}{3}x_2}$, $2^{\frac{2}{3}x_3}$ etc. oder, nach der Modification durch $2^{\frac{6}{7}x_1}$, $2^{\frac{6}{7}x_2}$, $2^{\frac{6}{7}x_3}$ etc. ausgedrückt werden, entsprechen dann der grofsen Sekunde, kleinen Terz, grofsen Terz u. s. w., und diese sind, nach Newton, diejenigen Farbennüanzen, in welchem Roth und Orange, Orange und Gelb, Gelb und Grün etc. an einander gränzen. Mag nun übrigens in dem einen oder andern Sinne eine Analogie zwischen Farben und Tönen stattfinden oder nicht, so ist es jedenfalls der Mühe werth, durch neue Messungen nach Fraunhofer's Methode die Wellenlängen, welche den Strahlen der Farbengränzen zukommen, direct zu bestimmen, und zu untersuchen, ob sich ein gesetzlicher Zusammenhang zwischen ihnen entdecken lasse. Denn es handelt sich hierbei nicht blofs um eine Curiosität, sondern um die Bestätigung oder Berich-

tigung eines mathematischen Gesetzes, das bisher für begründet gegolten hat und in der Theorie der farbigen Ringe und der Regel für die Mischung der Farben angewandt worden ist, das aber, den Fraunhofer'schen Messungen gegenüber, wie sich im Vorstehenden gezeigt hat, unmodificirt nicht bestehen kann.

III. *Zur Geschichte der Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit; von Dr. W. Erler.*

Die Angaben, welche sich im Kosmos III. S. 91 und 125 Anm. 49 über die Geschichte der Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit finden, erweisen sich bei genauerer Einsicht der Quellen als irrig; es möge mir daher erlaubt seyn, das Richtige darüber anzuführen. Der Irrthum scheint aus *Delambre l'hist. de l'astron. mod. II. p.* 653 hervorgegangen, welcher, die *Basis astron.* von Horrebow excerpirend, folgendermafsen schreibt: *Huyghens en parlant de cette découverte de Roemer dit, que la lumière emploie* 22' *à parcourir le diamètre de l'orbite terrestre. Duhamel dit presque une demi-heure. Horrebow suppose* 28' 10", *dont la moitié* 14' 10" *est ce que Cassini suppose dans ses tables p.* 475. *Ces deux évaluations sont beaucoup trop fortes. Par les éclipses du premier satellite je ne l'ai trouvée que* 8' 13",2. — Diefs ist nun zunächst eine falsche Auffassung der Darstellung bei Horrebow. Ich führe hier gleich eine längere Stelle im Zusammenhange aus dessen *Basis astron. p.* 128 und 129 an, da ich mich nachher noch weiter darauf berufen mufs. Nachdem nämlich Horrebow aus *Huyghens tractatus de lum. p.* 6 den Römerschen Beweis angeführt, in welchem Huyghens sagt: *unde conclusum est, lumini opus esse circiter* 22 *minutis, ut peragret diametrum orbis*

annui, fährt Horrebow fort: *Unde haec sumpserit Doct. Hugenius fateor me ignorare, quamquam satis apte demonstrationem Roemerianam, uti habetur apud D. Du Hamel, referant. Memini equidem me ante incendium in textu Hugenii Gallico quoque legisse* 22 *minuta, intra quae lumen peragraret diametrum orbis annui KL, at hoc per errorem quendam aut lapsum ita scriptum sit oportet; namque eo tempore, quo dissertationem suam legit beatus D. Roemerus, Secretarius Academiae Regiae scientiarum Parisiensis fuit D. Du Hamel, qui proinde sine dubio dissertationem non audivit tantum, sed et vidit, ut illam recte comprehenderet atque in usum suum converteret; quare operae pretium erit, ipsius Du Hamel verba adscribere ex ipsius Phys. pag. m.* 397. Der hierher gehörige Schlufs aus Duhamels Physik ist nun: *itaque cum observationibus consentire existimat vir pereruditus: adeo ut periodi emersionum in semicirculo KBL sint longiores periodis immersionum LEK simul sumptis, pene dimidia parte unius horae.* Hierzu fügt Horrebow: *Scripsit ergo in Physica sua Secretarius Academiae expressis verbis: pene dimidia parte unius horae, in quibus non aeque proclivis error atque in numeris. Ponamus ergo pro pene dimidia parte unius horae* 28 *m.* 20 *sec. Tantum autem excedit semicirculus KBL, quantum deficit semicirculus LEK adeoque habemus pro peragranda diametro KL semissem* 14 *m.* 10 *sec., quantam quoque moram statuit in tabulis suis D. Cassini p.* 475. — Horrebow versteht also ganz offenbar keineswegs unter 28′ 20″ die Zeit, die das Licht brauche, um den Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen, sondern den Ueberschufs der Summe der Umlaufszeiten auf der einen Seite über die analoge auf der anderen Seite, jene hergeleitet aus den Austritten, diese aus den Eintritten des Trabanten; zugleich bezeichnet er genau 14′ 10″ für den *Durchmesser* der Erdbahn und beruft sich dabei auf Cassini. — Und diefs ist nun der zweite Irrthum Delambre's, dafs derselbe behaupten konnte, Cassini habe das Maafs der Lichtgeschwindigkeit von 14′ 10″ für den *Halbmesser* der

Erdbahn angenommen. Denn abgesehen davon, dafs Cassini [1]) bekanntlich die Lichtgeschwindigkeit überhaupt Zeit seines Lebens bestritt, wiederholt Delambre an mehreren Stellen, dafs Cassini diefs nur dadurch möglich gemacht habe, dafs er eine empirische Formel anwendete, *welche sich der Lichtgleichung ziemlich genau angeschlossen habe.* So sagt er p. 749: *Cette équation nulle au point B sera au maximum quand la terre sera au point A; ce qui ressemble prodigieusement à l'équation de la lumière;* und p. 751: *Le hasard faisait que son équation* 7' 5" *Cos.* (♃ — ♄) *ne différait pas beaucoup de l'équation* 8' 13" *qui est la valeur moyenne de l'équation de la lumière; il devait donc trouver que le mouvement de la lumière s'accommodait aux tables du premier satellite;* und p. 753: *Il est à remarquer que son équation empirique de* 1° *reduite en tems se trouve presque égale à l'équation de la lumière du premier satellite*; und p. 802: *Cassini eut le malheur de méconnaître et de combattre l'équation de la lumière qu'il remplaça dans ses tables du premier satellite par une équation empirique à peu près équivalente; mais cette équation qu'il faisait de* 1° *pour chacun des satellites était par conséquence de* 0^h 7' 5" *pour le premier satellite, et comme elle dépendait de la distance de Jupiter à la terre elle pouvait faire illusion et rendre l'équation de la lumière presque inutile.* Die Cassinische Zahl ist also, wie Delambre selbst recht gut wufste, keineswegs *beaucoup trop forte,* wie derselbe oben sagt, sondern ein wenig zu klein. — Noch unbegreiflicher ist es, dafs Delambre, dem die Einrichtung der Cassinischen Tafeln vollkommen bekannt war, Horrebow's Citat falsch verstehend, sich auf p. 475 dieser Tafeln (wie es auch im Kosmos geschieht) berufen kann, als ob dort 14' 10"

1) Cassini bestritt nicht die Thatsache der Verlangsamung, aber auch nicht das angegebene Zeitmaafs, sondern die Ursache der Verlangsamung; denn das Zeitmaafs für den ersten Trabanten, für den seine Tafeln allein eine hinreichende Genauigkeit darboten, stimmt sehr genau mit der Lichtgleichung überein.

für den Halbmesser, nicht für den Durchmesser der Erdbahn angegeben wäre. Delambre sagt selbst p. 750 über diesen Theil der Tafeln: *Le second nombre, argument de la 2ième équation, doit être ♃—♄ et ce nombre suppose le cercle divisé en* 225,4 (*celui des révolutions en une année synodique de Jupiter de* 13 *mois à peu près ou* 399 *jours*). Die Zahl 112 der Tafeln, zu welcher eben 14′ 10″ gehört, entspricht also dem halben Kreisumfange, die dazu gehörige Zahl bezieht sich also offenbar auf den Durchmesser, nicht den Halbmesser der Erdbahn. — Hiernach sind zunächst Horrebow und Cassini gegen Delambre und somit auch gegen den Verfasser des Kosmos gerechtfertigt, und es ist klar, dafs, obgleich Cassini die Geschwindigkeit des Lichts läugnete, die von ihm statt dessen in Rechnung gebrachte Zahl für den ersten Trabanten ziemlich genau mit der richtigen übereinstimmte, und zu klein, keineswegs aber zu grofs war. Ferner ergiebt sich, dafs die Newtonsche Bestimmung, die im Text des Kosmos willkührlich auf 7′ 30″ angeführt wird, während sie, wie die Anmerkung richtig angiebt, nur 7 *or* 8″ lautet, um nichts richtiger, viel weniger genauer ist, als die von Cassini. —

Daneben mufs bemerkt werden, dafs allerdings ein grofses, aber leicht erklärliches Schwanken in den Zahlenangaben stattfand. So sagt noch 1746 Wolff in seiner Physik 1. Th. §. 121: »Nun will zwar Römer aus den Finsternissen der Jupiterstrabanten gefunden haben (Hugen. *tract. de lum.*), dafs das Licht zu seiner Bewegung einige Zeit erfordere; allein diese Bewegung ist so schnell, dafs es sich durch einen Raum, der doppelt so grofs, als die Weite der Sonne von der Erde ist, nicht über 22′ lang bewegt,« und §. 122 S. 181: »Wollte man gar annehmen, dafs der Weg, den Römer auf 22′ angiebt, nur 7—8′ zu rechnen sey, wie Hr. Newton will...« und ebenso S. 182; wobei also die Newtonsche Zahl wieder fälschlich für den Durchmesser der Erdbahn angenommen ist. Ferner theilt Duhamel in *hist. reg. scient. acad. p.* 145 ein Schreiben

Cassini's vom 22. Aug. 1675, also vor Römer's Entdeckung [1]) mit, in welchem es heifst: *ut (lumen) impendat decem vel undecim minuta* (in Worten, nicht in Zahlen) *per spatium aequale semidiametro orbis annui.* Diese Zahl von 22 Min. findet sich auch in den *Mém. de l'acad. royale des scienc.* 1666 — 1699. *T. X. p.* 400; doch läfst der Schlufs, der keineswegs wörtlich im Kosmos citirt ist, in seiner ursprünglichen unklaren Fassung sehr wohl noch eine andere Auslegung zu, die hier übergangen werden kann. Die Angabe von 22' für den Durchmesser der Erdbahn ist dann von Huyghens a. a. O. wiederholt worden, der, wie oben bemerkt, von Horrebow und Wolff citirt wird.

Ob nun Römer wirklich ursprünglich die Zahl 11' für den Halbmesser der Erdbahn angenommen habe, ist zwar nach dem Citate aus Duhamel's *historia* nicht unwahrscheinlich, aber nicht klar. Horrebow vertheidigt wenigstens, wie oben gezeigt, sich auf ein anderweitiges Zeugnifs Duhamel's berufend, Römer gerade dagegen, als hätte dieser die Zahl 11 angegeben. So viel kann man wohl glauben, dafs Römer, wenn er auch, was mir wahrscheinlich ist, zuerst 11' angenommen haben mag, später die genaueren Bestimmungen Cassini's benutzt haben wird. Denn eine derartige Angabe, wie im Kosmos erwähnt wird: »wir wissen aber durch Peter Horrebow, dafs Römer, als er 1704, also 6 Jahre vor seinem Tode, ein eigenes Werk über die Geschwindigkeit des Lichtes herausgeben wollte, bei dem Resultate von 11' fest beharrte,« ist durchaus an den im Kosmos citirten Stellen, welche unmittelbar mit der obigen zusammenhängen, nicht zu finden, und würde derselben auch geradezu wider-

1) Nach diesem Briefe hatte Cassini zuerst ebenfalls die Geschwindigkeit des Lichtes angenommen, die er später, als Römer der Academie selbst den Beweis mittheilte, bestritt. Dafs aber nicht etwa Cassini, trotz dieses Documentes von früherem Datum, den ersten Gedanken der nachher von ihm bestrittenen successiven Fortpflanzung des Lichts gehabt habe, hat er selbst bezeugt, *Mém. de l'acad. royale* ... 1666 — 1699. *T. VIII. p.* 435.

sprechen. Nur das wird erwähnt, daſs Römer ein solches Werk 1704 habe herausgeben wollen. Daſs übrigens Römer nicht sehr besorgt gewesen ist, seine Entdeckung durch Vergleichung der übrigen Jupiterstrabanten gegen die Einwürfe Cassini's sicher zu stellen, ist bereits von Delambre p. 653 und 744 ausführlich erwähnt worden.

Berlin, den 29. Januar 1853.

IV. *Ueber das Vorhandenseyn von Dampfbläschen in der Atmosphäre und ihren Einfluſs auf die Lichtreflexion und die Farben derselben; von R. Clausius.*

In zwei im 76. Bande dieser Annalen enthaltenen Aufsätzen habe ich aus der Art, wie die Atmosphäre auf das Licht wirkt, den Schluſs gezogen, daſs sowohl die Lichtreflexion im Allgemeinen, als auch die damit zusammenhängende Entstehung der atmosphärischen Farben durch Dampfbläschen veranlaſst werden. Dieser Schluſs ist in neuerer Zeit von Reuben Phillips [1]) und Brücke [2]) angefochten, und ich glaube daher in Bezug hierauf noch einmal auf den Gegenstand zurückkommen zu müssen.

Reuben Phillips bestreitet überhaupt das Vorhandenseyn hohler Wasserbläschen in der Atmosphäre, und betrachtet die in ihr befindlichen Wassertheilchen als volle Kügelchen, wofür er zwei Gründe angiebt.

Den ersten Grund nimmt er aus der Beobachtung von Henry [3]), daſs Seifenblasen durch die Cohäsion der Was-

1) *Phil. Mag. Ser. IV. Vol. V. p.* 28.
2) Sitzungsberichte der Wiener Academie Bd. IX. S. 530 und in diesem Bande dieser Ann. S. 363.
3) *Phil. Mag. Vol. XXVI. p.* 541.

serhäutchen, das Bestreben haben, sich zusammenzuziehen. Er sagt nämlich, da sich bei gleicher Dicke des Häutchens diese Kraft umgekehrt wie der Durchmesser verhalte, so müsse sie bei den kleinen Dampfbläschen sehr grofs seyn, so dafs die darin eingeschlossene Luft vielleicht unter dem Drucke von 2, 3 oder mehr Atmosphären, stehe. Nun besitze das Wasser bekanntlich das Vermögen, Luft zu absorbiren, und zwar in um so gröfserer Menge, je dichter die Luft sey, folglich werde das Wasserhäutchen, welches an seiner inneren Seite mit stark verdichteter, an der äufseren dagegen mit unverdichteter Luft in Berührung stehe, dort mehr absorbiren, als sich hier halten könne, und die Luft werde daher durch eine Art von Exosmose aus dem Inneren entweichen. Wenn man daher auch die Bildung von Dampfbläschen zugäbe, so würden sie doch nicht lange als solche bestehen können, sondern sich bald in Tropfen verwandeln.

Reuben Phillips giebt die Art seiner Rechnung, durch welche er zu dem Drucke von 2 bis 3 Atmosphären gelangt ist, nicht näher an, und in der citirten Stelle von Henry finde ich keine Data, aus welchen sich derselbe direct schliefsen liefse. Jedenfalls ist die dabei gemachte Annahme, dafs die sehr kleinen Bläschen der Atmosphäre dieselbe Dicke haben, wie die von Henry beobachteten Seifenblasen, nicht hinlänglich motivirt, besonders in Bezug auf die bei klarem Wetter noch vorhandenen Bläschen, indem ich diese ausdrücklich als *möglichst fein* vorausgesetzt habe, und man wohl annehmen kann, dafs bei kleinen Blasen dünnere Häutchen vorkommen als bei grofsen.

Aufserdem ist es aber auch gar nicht nothwendig, den Bläschen in der Atmosphäre eine lange Existenz zuzuschreiben. Schon bei den Wolken weist die aufserordentliche Veränderlichkeit der Gestalt darauf hin, dafs nicht blofs dieselben Bläschen vom Winde fortgetrieben werden, sondern dafs auch die Bläschen in beständigem Entstehen und Vergehen begriffen sind. Noch weniger darf man in heiterer, relativ trockener Luft erwarten, dafs ein Bläschen

sich

sich lange halte, sondern es wird immer schnell verdampfen, und wenn ich dessen ungeachtet auch in diesem Falle stets einige Bläschen als vorhanden annehme, so meine ich damit, dafs durch besondere Umstände, wie z. B. durch die Vermischung zweier Luftmengen von verschiedener Temperatur, oder durch die Abkühlung welche der am Tage aufsteigende Luftstrom erleidet, an einzelnen Stellen Niederschläge entstehen, die zwar bald wieder verschwinden, aber durch andere an anderen Stellen entstehende ersetzt werden.

Der zweite von Reuben Phillips angeführte Grund ist der, dafs Waller[1]) mit Hülfe des Mikroskops kein Anzeichen der Bläschenform finden konnte. Waller selbst aber gesteht an der ersten der citirten Stellen ausdrücklich zu, es sey aufserordentlich schwer, die Bläschenform durch den blofsen Anblick zu erkennen, und besonders bei der in Nebeln und Wolken stattfindenden fortwährenden Bewegung glaube er, dafs wir, selbst wenn kleine Kügelchen und Bläschen unter einander gemischt seyen, bisjetzt kein Mittel besitzen, sie zu unterscheiden. Eine Beobachtung aber führt er an, welche mir mehr für die Bläschen- als für die Tropfenform zu sprechen scheint. Nachdem er nämlich vorher die Angabe von Saussure erwähnt hat, nach welcher dieser zuweilen in den Nebeln und Wolken auf Gebirgen die einzelnen Bläschen mit blofsen Augen gesehen, und dabei bemerkt habe, dafs, wenn zwei derselben sich berührten, sie zerplatzt seyen, sagt er, auch er habe die Kügelchen einzeln schweben sehen; dabei habe er aber das Zerplatzen nie beobachtet, sondern wenn zwei Kügelchen zusammenflogen, seyen sie darauf plötzlich verschwunden. Er erklärt dieses daraus, dafs das Kügelchen von doppelter Masse, welches sich durch die Vereinigung gebildet habe, zu schwer gewesen sey, um sich schwebend zu erhalten, und sich daher durch sein schnelles Sinken den Blicken entzogen habe. Nun ist aber nicht wohl anzunehmen, dafs, wenn die einzelnen Kügelchen so klein

1) *Phil. Mag. Vol. XXVIII. p.* 99 und *Vol. XXIX. p.* 103.

waren, dafs sie kein Bestreben zeigten zu sinken, die nur doppelt so grofse Kugel doch so schnell gesunken sey, dafs man sie nicht mehr mit den Augen verfolgen konnte. Viel leichter kommt man dabei auf den Gedanken, dafs die scheinbaren Kügelchen Bläschen waren, welche bei ihrer Berührung zerplatzten, und sich entweder in ein volles Kügelchen verwandelten, oder aus einander spritzten, wobei sie dann allerdings theils wegen des kleineren Durchmessers, theils wegen der schnellen Bewegung leicht den Blicken entschwinden konnten.

Seine Hauptbeweise gegen die Bläschenform entnimmt Waller nicht sowohl aus der directen Beobachtung der Wassertheilchen selbst, als vielmehr aus der Beobachtung anderer Körper, welche er als vergleichbar betrachtet. Unter diesen finde ich aber nur einen, der sich unter ähnlichen Umständen niederschlägt wie das Wasser in der Atmosphäre, nämlich die Schwefelblumen, welche sich ebenfalls in freier Luft aus dem Schwefeldampfe niederschlagen, und bei denen nicht gleich während des Niederschlages die Krystallisationskraft wirken kann, da sie erst durch den zähen Zustand in den festen übergehen. Indessen wenn man einem solchen Vergleiche auch einiges Gewicht zugestehen mufs, so kann er doch bei der Verschiedenheit der beiden Körper nicht als *Beweis* gelten.

Diesen Gründen gegenüber kann ich aufser meinen früher ausgesprochenen, welche sich hauptsächlich auf die heitere Atmosphäre beziehen, auch zwei auf Nebel und Wolken bezügliche Gründe aufführen, welche für die Bläschenform sprechen.

Der erste, welchen auch schon Bravais hervorgehoben hat [1]), besteht darin, dafs jede aus vollen Wasserkügelchen zusammengesetzte Wolke, wenn sie sich in der geeigneten Lage der Sonne gegenüber befände, einen Regenbogen zeigen müfste. Man sieht aber bei den gewöhnlichen Wolken keine Spur davon, und nur in schweren, nahe an der Erdoberfläche schwebenden Nebeln beobachtet man zuweilen einen matten Bogen, der aber meistens

1) S. *diese* Ann, Ergänzungsbd. II. S. 588.

noch nicht ganz den Charakter des eigentlichen Regenbogens trägt, indem er sich theils durch seine weifsliche Farbe, theils durch seinen kleineren Radius von ihm unterscheidet. Dieser weifse Regenbogen ist auf eine sehr befriedigende Weise von Bravais [1]) dadurch erklärt, dafs in diesen Nebeln die Bläschen schon eine solche Wanddicke haben, dafs ein Theil derjenigen Strahlen, welche den inneren hellen Raum des gewöhnlichen Regenbogens bilden, frei hindurchgehen können, während die Strahlen, welche die Farbenringe desselben bilden würden, noch von der inneren Gränzfläche des Wasserhäutchens aufgefangen werden.

Man könnte vielleicht auf den ersten Blick meinen, dafs die Abwesenheit des Regenbogens bei den Wolken sich aus der geringen Lichtmenge, welche ein sehr kleines Kügelchen zu reflectiren vermag, erklären lasse; doch hiergegen hat schon Bravais eingewandt, dafs bei einer Wolke die Kleinheit der Wirkung jedes einzelnen Kügelchens durch die grofse Anzahl der Kügelchen ausgeglichen werden müfste. Man kann die Sache noch bestimmter so aussprechen. Sofern die Kügelchen überhaupt nach den gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetzen wirken, mufs die an der inneren Fläche reflectirte Lichtmenge, welche den Regenbogen bildet, zu der an der äufseren Fläche reflectirten in einem bestimmten, von der Gröfse des Kügelchens unabhängigen Verhältnisse stehen. Da nun eine direct von der Sonne beleuchtete Wolke sehr hell erscheint, und also im Ganzen sehr viel Licht reflectirt, so steht es damit im Widerspruche, die Menge des innerlich reflectirten Lichtes, welche einen aliquoten Theil der ganzen reflectirten Lichtmenge bildet, als sehr klein zu betrachten. Es kann somit aus der blofsen Lichtschwäche die Abwesenheit des Regenbogens nicht erklärt werden.

Der zweite Grund bezieht sich auf eine andere mit dem weifsen Regenbogen zusammenhängende Erscheinung. Man

1) *Journ. de l'école polyt. Cah.* 30, *Annales de chim. et de phys. Ser. III. T. XXI. p.* 348 und diese Ann. Ergänzungsbd. II. S. 562.

sieht nämlich bei niedrigem Stande der Sonne, wenn man dieselbe im Rücken und vor sich einen Nebel hat, zuweilen um den Schatten des eigenen Kopfes eine Anzahl farbiger Ringe, welche ganz den Lichtkränzen gleichen, die man um die Sonne und den Mond sieht, wenn sie durch dünne *Cumuli* scheinen. Von dieser Erscheinung, welche viel öfter beobachtet wird, als der weifse Regenbogen, und zuweilen von diesen begleitet ist, hat Fraunhofer[1]) eine Erklärung gegeben, welche sich eng an die ebenfalls von ihm gegebene Erklärung jener Lichtkränze anschliefst; doch hat er dabei, wie ich schon in einer frühern Schrift[2]) aus einander gesetzt habe, eine Lücke gelassen, die sich unter der Annahme von Wasser*kügelchen* nicht hinlänglich ausfüllen läfst, während dieses bei der Annahme von Wasser*bläschen* vollständig gelingt.

Er geht von dem Satze aus, *dafs eine Wolke oder ein Nebel nach der Richtung, welche den ankommenden Strahlen direct entgegengesetzt ist, viel mehr Licht reflectire, als nach den anderen Richtungen.* Wenn man diesen Satz zugiebt, so ist seine übrige Erklärung ganz befriedigend, für diesen Satz selbst aber ist er den Beweis schuldig geblieben. Ohne auf eine nähere Entwickelung einzugehen, sucht er seine Richtigkeit nur durch eine allgemein gehaltene Betrachtung, welche sich auf die erste innere Reflexion in Dunstkügelchen bezieht, anschaulich zu machen. Nun läfst sich aber leicht einsehen, dafs die äufsere und die erste innere Reflexion weder bei einem Kügelchen noch bei einem Bläschen eine vorwiegende Intensität in der den ankommenden Strahlen entgegengesetzten Richtung giebt, und wir müssen die Betrachtung daher auf die folgenden inneren Reflexionen ausdehnen.

Thun wir dieses zuerst bei einem *Kügelchen,* so finden wir, dafs durch die zweite innere Reflexion gar kein Licht nach dieser Richtung gesandt wird, wie aus der Theorie des Nebenregenbogens bekannt ist. Die dritte innere Re-

1) Schumacher's astronomische Abhandlungen, Heft 3, S. 62.

2) Die Lichterscheinungen der Atmosphäre S. 419.

flexion sendet zwar Licht nach dieser Richtung, aber nicht mit vorwiegender Intensität. Erst von der *vierten* innern Reflexion beginnt es, dafs diese Richtung sich durch stärkere Intensität des reflectirten Lichtes vor den übrigen auszeichnet. Nun ist aber das Licht der vierten und der folgenden Reflexionen im Verhältnisse zum ganzen von der Kugel reflectirten Lichte schon zu schwach, um dieser Richtung das für jene Erscheinung nothwendige Uebergewicht zu geben.

Anders verhält es sich mit einem *Bläschen*. Bei ihm beginnt das Vorwiegen dieser Richtung schon mit der *zweiten* inneren Reflexion, und findet bei allen folgenden ebenfalls statt, und dadurch wird das Uebergewicht dieser Richtung sehr bedeutend. Ich habe über die Reflexion eines von der Sonne beschienenen Wasserbläschens eine eigene Rechnung angestellt [1]), welche sich zwar nur auf ein sehr dünnes Bläschen bezieht, und daher auf solche, wie sie in den Nebeln vorkommen können, keine genaue Anwendung findet, aber doch als Maafsstab für die Beurtheilung dienen kann. Die Zahlen, welche ich dabei gefunden habe, sind, so weit sie hier in Betracht kommen, in der folgenden Tabelle enthalten. Darin bedeutet J die Intensität des reflectirten Lichtes nach einer Richtung, welche mit der Fortsetzung der vom Mittelpunkte der Sonne nach dem Mittelpunkte des Bläschens gezogenen geraden Linie den Winkel φ bildet.

φ.	J.	φ.	J.
150°	0,0876	175°	0,1261
160°	0,0907	178°	0,2000
170°	0,1021	179°	0,3232
		180°	1,9267

Man sieht hieraus, dafs die durch $\varphi = 180^\circ$ bestimmte Richtung, welche den ankommenden Strahlen gerade entgegengesetzt ist, sich durch ihre Lichtintensität vor den anderen so auszeichnet, dafs schon in den um 1° davon verschiedenen Richtungen die Intensität mehr als sechsmal

1) Crelle's Journ. für reine und angew. Math. Bd. 36.

geringer ist, während weiterhin die Abnahme langsamer geschieht. Somit ist bei den Bläschen der von Fraunhofer zu Grunde gelegte Satz hinlänglich erfüllt.

Ich wende mich nun zu der mit vieler Sachkenntnifs und Gründlichkeit ausgeführten Untersuchung von Brücke.

Diese bezieht sich nicht blofs auf unsere Atmosphäre, sondern allgemein auf trübe Medien, worunter durchsichtige Stoffe verstanden werden, denen andere Stoffe in so fein vertheiltem Zustande beigemengt sind, dafs man die Theilchen nicht mehr einzeln unterscheiden kann. Die beigemengten Stoffe werden ebenfalls als farblos durchsichtig angenommen, so dafs sie nur durch die an ihren Gränzflächen stattfindenden Reflexionen und Brechungen zerlegend auf das Licht wirken können. Solche trüben Medien zeigen im durchgehenden Lichte Farben, welche sich der rothen Seite des Spectrums nähern, während sie im reflectirten Lichte blau oder bläulich erscheinen.

Den ersten Erklärungsgrund für diese Erscheinung findet Brücke in der von Fresnel für durchsichtige Körper aufgestellten Reflexionsformel. Nach dieser hängt nämlich die Stärke der Reflexion vom Brechungsverhältnisse ab, und wächst mit diesem zugleich, so dafs, wenn das ankommende Licht weifs war, in dem reflectirten die stärker brechbaren Strahlen überwiegen müssen.

Dieser Unterschied findet allerdings statt, doch ist er, wie Brücke selbst zugiebt, so gering, dafs schon ein geübtes Auge, wie das eines Malers, dazu gehört, um ihn zu bemerken. Betrachten wir z. B., um den Unterschied wenigstens angenähert schätzen zu können, solche Strahlen die senkrecht auf die Oberfläche einfallen, so nimmt die Formel, welche die Intensität des reflectirten Lichtes im Verhältnifs zu der des ankommenden darstellt, für diesen Fall folgende einfache Gestalt an:

$$\left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2,$$

worin n das Brechungsverhältnifs bedeutet. In Bezug auf *Wasser*, welches in der Atmosphäre den trübenden Be-

standtheil bildet, ergeben sich hieraus, wenn man bei ihm das Brechungsverhältnifs des rothen Lichtes bei der Linie *B* nach Fraunhofer zu 1,3310 und das des violetten bei der Linie *H* zu 1,3442 annimmt, für diese beiden Farben die Zahlen:

0,02016 und 0,02156

und zwischen diesen Zahlen liegen natürlich auch die Intensitäten der übrigen Farben.

Brücke meint nun, dafs dieser Unterschied trotz seiner Kleinheit in trüben Medien doch von Bedeutung sey, weil in ihnen nicht blofs Eine, sondern viele Reflexionen von einem Theilchen zum andern stattfinden, deren Wirkungen sich addiren. Diese Verstärkung kann nun aber in der Atmosphäre nur sehr gering seyn. Wenn wir nach irgend einem Punkte des Himmels blicken, so ist das Licht, welches wir von dort erhalten, zusammengesetzt aus solchem, was nur einmal, und solchem, was zweimal, dreimal und öfter in der Atmosphäre reflectirt ist, und es fragt sich, wie sich diese Theile ihrer Gröfse nach zu einander verhalten. Dieses Verhältnifs habe ich schon in einer frühern Arbeit näher zu bestimmen gesucht [1]), und habe dabei gefunden, dafs, wenn die Sonne einigermafsen hoch steht, an den meisten Stellen des Himmels das nur einmal reflectirte Licht vorwaltet, und zwar besonders in der Nähe des Zenith, wo doch die blaue Farbe am deutlichsten hervortritt. Steht die Sonne z. B. 40° hoch, so verhält sich im Zenith die nur einmal reflectirte Lichtmenge zu der Summe aller der Lichtmengen, welche mehrere Reflexionen erlitten haben, wie

2,3 : 0,6 [2]).

In der durch 0,6 ausgedrückten Summe überwiegt natürlich wieder in ähnlicher Weise die Lichtmenge, welche nur zweimal reflectirt ist, über diejenigen, welche noch mehrere Reflexionen erlitten haben u. s. f., so dafs die

1) Crelle's Journ. Bd. 34 und 36 und im Auszuge diese Ann. Bd. 72, S. 294.

2) S. die Tabelle auf S. 313 des 72. Bandes dieser Annalen.

Lichtmenge, welche so viele Reflexionen erlitten hat, wie zu einer deutlichen Färbung nöthig sind, nur sehr klein seyn kann. Man darf daher diesem bei der gewöhnlichen Reflexion stattfindenden Unterschiede wohl nur eine geringe Mitwirkung bei der Hervorbringung der intensiven Farben der Atmosphäre zuschreiben.

Brücke selbst bezeichnet ihn indessen, wie schon erwähnt, auch nur als einen *ersten* Grund, und geht darauf zu dem zweiten Grunde über, als welchen er ebenfalls die Interferenz nach Art der Farben dünner Blättchen annimmt. Es drängt sich daher die Frage auf, wie die reflectirenden Körperchen gestaltet seyn müssen, um eine solche Interferenz bewirken zu können.

Newton, welcher zuerst die Ansicht ausgesprochen hat, dafs das Blau des Himmels durch Interferenz bei der Reflexion des Lichtes an den in der Atmosphäre schwebenden Wassertheilchen, entstehe, und dem Blau erster Ordnung unter den Farben dünner Blättchen entspreche, scheint damit die Ansicht verbunden zu haben, dafs die reflectirenden Wassertheilchen kleine *volle* Kugeln seyen und in beiden Ansichten sind ihm seitdem mehrere Physiker beigetreten. In demselben Sinne spricht sich Reuben Phillips aus, und auch Brücke, obwohl er selbst keinen bestimmten Schlufs auf die Form der wirksamen Körperchen gezogen hat, scheint doch die Newton'sche Erklärung als genügend zu betrachten. Ich glaube indessen, dafs jene beiden Ansichten nicht mit einander vereinbar sind.

Die Farbe eines dünnen Blättchens im reflectirten Lichte entsteht nämlich durch Interferenz des äufserlich reflectirten Lichtbündels mit denen, welche eine ungerade Anzahl von inneren Reflexionen erlitten haben, und wenn wir unter den letzteren die dreimal, fünfmal etc. reflectirten Theile als gering hier vernachlässigen, so behalten wir nur das äufserlich und das einmal innerlich reflectirte Licht, und diese beiden Lichtmengen müssen wir daher auch bei der Kugel betrachten. Wenn eine Kugel von einem entfernten Punkte aus beleuchtet wird, so dafs die auffallen-

den Strahlen als parallel gelten können, so wird das äufserlich reflectirte Licht nach *allen möglichen* Richtungen rund umher zerstreut. Das nach einmaliger innerer Reflexion aus der Kugel hervortretende Licht dagegen bildet *nur einen Kegel*, dessen Axe den ankommenden Strahlen entgegengesetzt ist, und dessen Seite mit dieser Axe einen Winkel bildet, welcher von dem Stoffe der Kugel abhängt, und bei einer Wasserkugel, wie aus der Theorie des Regenbogens bekannt ist, etwa $41\frac{1}{2}^{\circ}$ beträgt. Nur innerhalb dieses Kegels kann somit Interferenz stattfinden, was der gleichmäfsigen Verbreitung der blauen Farbe am Himmel vollständig widerspricht.

Eine ähnliche Betrachtung mufs man anstellen, wenn man die vorige Ansicht dahin erweitert, dafs in höheren Regionen der Atmosphäre, wo die Temperatur der Luft beträchtlich unter dem Gefrierpunkte steht, die Lichtreflexion an kleinen Eistheilchen stattfinde. Was die Form der letzteren betrifft, so wird für solche Eiswolken, welche den gewöhnlichen Hof um die Sonne oder den Mond bilden, in der Theorie dieses Hofes angenommen, dafs die Eistheilchen in ihnen, wenigstens grofsentheils, die Gestalt von kleinen dreiseitigen oder sechsseitigen Prismen haben. Nimmt man nun für diejenigen Eistheilchen, welche noch bei klarem Wetter in der Atmosphäre vorhanden sind, dieselbe oder eine ähnliche Form an, so ist bei diesen die Interferenz noch weniger möglich, als bei den Kugeln, denn bei ihnen gehen die äufserlich und innerlich reflectirten Lichtbündel jedes nach einer bestimmten Richtung, aber diese Richtungen sind unter sich ganz verschieden, so dafs eine Einwirkung der Lichtbündel auf einander nicht stattfinden kann.

Ich glaube daher, dafs, wenn man einmal die einfache Theorie der Farben dünner Blättchen auf die Farben der Atmosphäre anwenden will, man consequenter Weise auch gleich noch einen Schritt weiter gehen, und den reflectirenden Theilchen wirklich die Form von Platten mit parallelen Gränzflächen zuschreiben mufs, was bei tropfbar

flüssigem Wasser nicht gut anders möglich ist, als durch die Annahme der Bläschenform, während man sich die Eistheilchen, sofern man sie als mitwirkend ansieht, als krystallinische Blättchen vorstellen kann.

Ein neuer Gesichtspunkt jedoch für die ganze Sache bietet sich durch den von Brücke am Schlusse seiner Abhandlung mitgetheilten Versuch dar. Aus diesem ergiebt sich, dafs, wenn in gleichen Quantitäten Wasser gleiche Quantitäten Mastix vertheilt sind, dann nicht nur die hervorgebrachten Farben um so intensiver werden, je kleiner die Theilchen sind, sondern zugleich auch der Grad der Lichtzerstreuung bedeutend abnimmt. Es scheint mir zwar auch hier die Annahme, dafs mit der Verschiedenheit der Gröfse auch eine Verschiedenheit der Gestalt der Theilchen verbunden sey, noch nicht völlig ausgeschlossen zu seyn, und wenn man sich z. B. den Mastixniederschlag bei seiner feinsten Vertheilung in der Form von krystallinischen Blättchen vorstellte, so würde dadurch die ganze Erscheinung sogleich auf die bekannten Gesetze zurückgeführt seyn; indessen spreche ich diese Erklärungsart nur als eine Möglichkeit aus, denn andererseits ist die von Brücke aufgestellte Ansicht, dafs die *Kleinheit* der Theilchen, unabhängig von ihrer Gestalt, eine Verminderung der Zerstreuung hervorbringen könne, welche durch ihre gröfsere Anzahl nicht ausgeglichen werde, jedenfalls sehr beachtenswerth.

Hiernach müfste man annehmen, dafs sehr kleine Körperchen nicht mehr nach den gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetzen wirken, so dafs z. B. eine sehr kleine Kugel das auf sie fallende Licht nicht in derselben Weise zerstreue, wie eine gröfsere Kugel von demselben Stoffe, und es versteht sich von selbst, dafs auf einen solchen Fall meine Rechnungen, welche auf jene Gesetze basirt sind, keine Anwendung finden. Eben so wenig finden aber auch die übrigen auf denselben Gesetzen beruhenden Theorien darauf Anwendung, und was insbesondere die Theorie der Farben dünner Blättchen betrifft, so wird diese noch aufserdem durch den schon vorher erwähnten

Umstand unzulässig. Ein solcher Fall würde also einer ganz neuen Untersuchung bedürfen.

Ferner mufs ich noch hinzufügen, dafs, wenn man auch im Allgemeinen die Möglichkeit eines solchen Falles zugiebt, es doch noch eine andere Frage bleibt, ob und in wie weit die reflectirenden Theilchen der Atmosphäre unter denselben begriffen sind.

Betrachten wir in dieser Beziehung zuerst die Atmosphäre *bei klarem Wetter*, so scheint hier der Umstand, dafs das vom Himmel kommende Licht polarisirt ist, jener Annahme entgegenzustehen, denn es läfst sich wenigstens schwer einsehen, wie Körperchen, die ihrer Kleinheit wegen in anderer Beziehung nicht mehr nach den gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetzen zu wirken vermögen, doch fähig seyn sollen, dem Lichte dieses charakteristische Kennzeichen einer regelmäfsigen Reflexion mitzutheilen, und dieser Umstand ist es auch gewesen, der mich abgehalten hat, den Luftmolekülen selbst einen Antheil an der Reflexion zuzuschreiben. Zur Entscheidung dieser Frage werden wohl weitere experimentelle Untersuchungen nöthig seyn.

Betrachten wir zweitens die in der Atmosphäre schwebenden *Wolken und Nebel*, so würde, wenn man jene Annahme auch auf sie ausdehnte, dadurch freilich die oben erwähnte Abwesenheit des Regenbogens hinlänglich erklärt seyn, auch wenn man für die Wassertheilchen die Gestalt von vollen Kügelchen voraussetzte. Indessen stellen sich der Annahme hier noch neue Schwierigkeiten entgegen. Die Gröfse der in den Wolken befindlichen Wasserkügelchen läfst sich, unabhängig davon, ob sie voll oder hohl sind, aus dem Radius der um die Sonne oder den Mond gebildeten Lichtkränze angenähert bestimmen, und es hat sich aus vielen Messungen [1]) ergeben, dafs ihre Durchmesser etwa zwischen 0,0004 und 0,002 par. Zoll oder 0,011 und 0,054 Millim. variiren. Da nun die Länge einer Lichtwelle des äufsersten Roth 0,000645 Millim. beträgt, so sind

1) S. Kämtz Meteorologie, Bd. 3, S. 99 u. f.

die Durchmesser der Kügelchen 17 bis 84 mal gröfser, als die gröfste Wellenlänge des Lichtes, und auf so grofse Körper jene Annahme auszudehnen, scheint mir jedenfalls sehr bedenklich. Ferner ist es für die aus Eistheilchen bestehenden Wolken und Nebel, welche Höfe und Nebensonnen bilden, erwiesen, dafs die in ihnen befindlichen Eistheilchen nach den gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetzen wirken, denn sonst würde die ganze Theorie der Höfe, welche wohl in ihren Hauptpunkten von niemand bezweifelt wird, zusammenfallen. Es ist aber sehr unwahrscheinlich, dafs die Bestandtheile der Eiswolken soviel gröfser seyn sollten, als die der Wasserwolken.

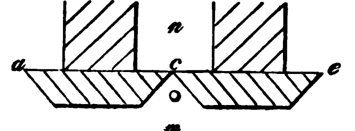
Das Resultat der vorstehenden Betrachtungen kann ich hiernach kurz so zusammenfassen. Soweit man die gewöhnlichen Brechungs- und Reflexionsgesetze als gültig anerkennt, glaube ich auch meine früheren Schlüsse festhalten zu müssen, nämlich, dafs in der Atmosphäre Dampfbläschen vorhanden seyen, und dafs sie die Hauptursache der in ihr stattfindenden Lichtreflexion und ihrer Farben bilden. Nimmt man aber an, die in der Atmosphäre wirksamen Körperchen seyen so klein, dafs jene Gesetze auf sie keine Anwendung mehr finden, dann sind auch diese Schlüsse ungültig. Auf diesen Fall ist aber auch die Theorie der Farben dünner Blättchen nicht mehr anwendbar, und er bedarf vielmehr einer neuen Entwickelung, bei welcher noch besonders berücksichtigt werden mufs, in wiefern diese Annahme mit der Polarisation des vom Himmel kommenden Lichtes und mit der angenähert bekannten Gröfse der in den Wolken vorhandenen Wassertheilchen vereinbar ist.

V. *Beobachtungen über die Magnetkraft; von Hrn. Faraday.*

(Entnommen aus den vom Hrn. Verf. mitgetheilten *Proceedings of the Royal Institution*, Januar 1853.)

Zum sorfältigeren Studium der Magnetkraft war eine Torsionswaage construirt worden. Der Torsionsfaden derselben war von hartgezogenem Platindraht, 24 Zoll lang, und so dünn, dafs 28,5 Zoll einen Gran engl. wogen; er hing, wie gewöhnlich, an einem mit Zeiger versehenen Torsionskopf. Der horizontale Balken bestand aus einer dünnen Glasröhre, die an dem einen Ende zu einem Haken gekrümmt war. Die Substanzen, welche der Magnetkraft unterworfen werden sollten, bestanden entweder aus Glascylindern, deren jeder zu einem hakenförmigen Faden ausgezogen war, um damit an den Balken gehängt zu werden; oder aus cylindrischen Glasblasen von ähnlicher, aber gröfserer Gestalt, oder aus anderen Substanzen. Die Glasblasen waren an den beiden röhrenförmig ausgezogenen Enden offen, um somit leicht mit irgend einer Flüssigkeit oder irgend einem Gase gefüllt zu werden.

Als Kraftquelle diente anfangs ein grofser Elektromagnet, später aber, um der Constanz der Kraft gewifs zu seyn und um die Beobachtung beliebig lange fortsetzen zu können, der grofse Stahlmagnet, den Hr. Logeman nach der Vorschrift des Hrn. Dr. Elias verfertigt, und die *Royal Institution* angekauft hat; derselbe wiegt über 100 Pfund und trägt, dem Berichte der *Great-Exhibition-Jury* zufolge, 430 Pfund. Dieser Magnet wurde so aufgestellt, dafs die Axe der Kraft sich fünf Zoll unter dem Niveau des Glasbalkens befand; durch den Zwischenraum ging der oben erwähnte Aufhängefaden oder Haken. Die Form und Lage der Ansätze aus weichem Eisen sind durch nebenstehende Figur in $\frac{1}{10}$ der wahren Gröfse dargestellt.



Dieser ganze Theil ist eingeschlossen in das Gehäuse der Torsionswaage, welches von sechs auf dem Magnet-Tisch (*magnet table*) befestigten Schrauben regiert wird. Gehäuse und Tisch sind mit Scalen versehen, und so ist es leicht das erstere auf dem letzteren so zu verschieben, dafs der Balken über und parallel der Linie *ae* liegt, und der Aufhängepunkt sich entweder über *c* befindet, oder, nach *m* hin, irgend einen Abstand vom Winkel *c* besitzt. Wie schon gesagt, waren die Objecte mit einem Aufhängefaden von solcher Länge versehen, dafs sie in Höhe mit dem Winkel im Magnetfelde coïncidirten. Bei Aufhängung an den Balken wurden sie durch einen oder mehre auf den andern Arm gesteckte Bleiringe aequilibrirt. Die Ringe wurden auf dem Balken so lange verschoben, bis dieser horizontal war, wovon man sich durch einen doppelarmigen Träger überzeugte, der, nach Bedarf, zum Halten, Hemmen, oder Loslassen des Balkens diente. Die Verschiebung des Gehäuses nach der Rechten oder Linken, um das Objectiv in die Mitte des magnetischen Winkels zu bringen, geschah durch zwei der vorerwähnten Schrauben; die Verschiebung in den gegebenen Abstand von *c* durch die vier übrigen.

Um zu beobachten, ob der Balken, der anfangs zwar belastet, aber ohne Object und ohne Torsion in seiner natürlichen Lage vor dem Magnet schwebte, nachdem ein Object daran gehängt und dieses abgestofsen worden, durch die Torsionskraft wieder genau auf den früheren Punkt zurückgebracht war, wurde folgendermafsen verfahren. Ein kleiner Planspiegel wurde, unter dem Aufhängepunkt an der Mitte des Balkens befestigt, und sechs Fufs davon ein kleines Fernrohr nebst Scale so aufgestellt, dafs wenn der Balken in gehöriger Lage war, ein gegebener Theilstrich der Scale von dem Faden im Fernrohr gedeckt ward. Natürlich schien, sobald der Balken sich bewegte, die Scale hinter dem Faden fortzugehen, und zwar, wegen der Reflexion, mit der doppelten Winkelgeschwindigkeit des Balkens. Da es auf diese Weise leicht war, 0,02 und

selbst 0,01 Zoll abzulesen, und bei dem Radius von 6 Fuſs jeder Grad der Scale scheinbar 2,4 Zoll einnahm, so konnte man eine Winkelbewegung oder einen Winkelunterschied von $\frac{1}{240}$ Grad beobachten. Da der das Object tragende Arm des Balkens 6 Zoll lang war, so würde eine solche Gröſse weniger als $\frac{1}{2000}$ Zoll ausmachen, d. h. die Zurückführung des Balkens in seine erste oder normale Lage durch die zur Ueberwältigung der Abstoſsung ausgeübte Torsionskraft konnte bis zu diesem Betrage ermittelt werden. Der am Fernrohr sitzende Beobachter bewirkte die Torsion mittelst einer langen Handhabe mit Rad und Getriebe bis der Balken wieder in seiner anfänglichen Lage war, und der dann an dem getheilten Kreise abgelesene Betrag gab, in Graden, das Maaſs der Abstoſsungskraft, die auf das Objectiv, angenommen dieſs wäre ein diamagnetisches, ausgeübt worden. Bei den wirklichen Beobachtungen standen Magnet, Torsionswaage und Fernrohr im Erdgeschoſs auf einem steinernen Fuſsboden; die vielen sonst noch getroffenen Vorsichtsmaſsregeln, um sich z. B. gegen Luftzug, etwaige Elektricität des Balkens u. s. w. zu schützen, hier zu schreiben, würde überflüssig seyn.

Wenn man einen Körper der Kraft eines Magnets aussetzt, so wird er nicht allein von dieser, sondern auch von dem umgebenden Medium afficirt, und selbst wenn man das Medium gegen ein Vacuum vertauscht, stehen Vacuum und Körper noch in ähnlicher Relation zu einander. In der That ist das Resultat immer differential; jede Veränderung bei dem Medium ändert die Wirkung auf das Object; es giebt viele Substanzen, die, von Luft umgeben, vom Magnet abgestoſsen, und in Wasser von ihm angezogen werden. Als ein gewisser kleiner Glascylinder, der nur 66 Gran wog, umgeben von Luft, an der Torsionswaage dem Logeman'schen Magnet, in 0,5 Zoll Abstand von der Axiallinie, ausgesetzt wurde, waren zur Ueberwältigung der Abstoſsung 15° der Torsion erforderlich. Als dagegen ein Gefäſs mit Wasser in das Magnetfeld gebracht und der Cylinder hineingehängt ward,

bedurfte es 54°,5 Torsion, um die Abstofsung bei demselben Abstand von 0,5 zu überwinden. Hätte das Gefäfs eine dem Glascylinder an Diamagnetkraft genau gleiche Flüssigkeit enthalten, so würde weder Anziehung noch Abstofsung stattgefunden haben, also die Torsion 0° gewesen seyn. Die drei Körper: Luft, Glas (von der besonderen Art) und Wasser, verhalten sich also in relativer Kraft zu einander wie die drei durch den Versuch gefundenen Zahlen 15°, 0° und 54°,5. Werden andere Flüssigkeiten z. B. Oel, Aether u. s. w. *bei demselben Glascylinder* als umgebende Mittel angewandt, so zeigt der bei jeder nöthige Torsionsgrad die Stelle derselben in der magnetischen Reihe an. Es ist das Archimedische Princip des Hydrometers, angewandt auf Magnetkräfte. Wird ein Cylinder von anderer Gröfse oder anderer Substanz und bei anderen Abständen genommen, so wird die Torsionszahl und der (vom Cylinder gegebene) Nullpunkt auch ein anderer seyn; aber die Media (mit einer später zu erwähnenden Ausnahme) werden noch die frühere Relation zu einander haben. Um alle experimentellen Resultate in eine gemeinschaftliche Beziehung zu bringen, wurde daher eine hunderttheilige Scale angenommen, begränzt durch Luft und Wasser bei gewöhnlicher Temperatur oder 60° F. Zu dem Ende wurde jede einzelne Reihe von Resultaten unter genau denselben Umständen, eingeschlossen Luft und Wasser, angestellt, und dann wurden alle Resultate der einen Reihe multiplicirt mit einer solchen Zahl, dafs der Unterschied zwischen Luft und Wasser in 100° überging; auf diese Weise wurden die obigen drei Resultate: 21°,6, 0° und 78°,4. Auf solche Weise werden die magnetischen Intervalle zwischen Körpern nach der hunderttheiligen Scale erhalten, aber der wahre Nullpunkt ist bisher noch nicht bestimmt. Man kann entweder Wasser oder Luft oder Glas als Nullpunkt ansehen: die Intervalle sind durchaus nicht davon abhängig; allein die Resultate werden verschieden, wie folgender Ausdruck zeigt:

Luft



Luft	0°	21°,6	100°
Glas	21 ,6	0	78 ,4
Wasser	100	78 ,4	0.

Alle Körper über Null sind paramagnetisch, alle darunter diamagnetisch. In der weiterhin folgenden Tafel habe ich das Vacuum als Nullpunkt angenommen.

Klar ist, dafs man auf diese Weise jeden starren Körper, von welcher Gestalt und Beschaffenheit er auch seyn möge, in die Liste einreihen kann, wenn man ihn in Luft, in Wasser oder in einer anderen schon festgestellten Flüssigkeit einem Magnet aussetzt; dafs dasselbe auch von jeder Flüssigkeit gilt, wenn man immer einen und denselben starren Körper darin eintauchen läfst; und dafs endlich auch Gase und Flüssigkeiten hinsichtlich ihrer Stelle bestimmt werden können, wenn man successive mit ihnen, so wie mit Luft und mit Wasser, immer ein und dasselbe Gefäfs, z. B. eine und dieselbe Glasblase füllt. Die folgende Tafel enthält einige solchergestalt nach der hunderttheiligen Scale bestimmte Substanzen. Die Resultate können zwar, wegen einiger noch näher auszumittelnder Punkte beim Gebrauch der Torsionswaage, nur als eine Annäherung betrachtet werden; allein dennoch bestimmte das Mittel aus drei oder vier sorgfältigen Versuchen den Ort einer Substanz, für gleichen Abstand, gleiche Magnetkraft u. s. w., bis auf einen Grad und oft innerhalb desselben. Die Kräfte gelten für einen Abstand von 0,6 Zoll von der magnetischen Axe des zuvor beschriebenen Magnets, und natürlich für *gleiche Volume* der untersuchten Substanzen. Die letzten Decimalstellen sind das Resultat der Rechnung und dürfen also nicht als Beweis der Genauigkeit der Versuche angesehen werden. Wasserstoff, Stickstoff und vielleicht noch einige dem Nullpunkt nahe stehende Substanzen, mögen später als gleich dem Vacuum befunden werden, denn es ist klar, dafs ein kleiner Sauerstoffgehalt Unterschiede, wie der beim Stickgas, hervorrufen würde. Die zuerst genannte Kupferlösung war farblos, und die zweite

war durch Oxydation, durch bloſses Schütteln in einer Flasche mit Luft, aus der ersten erhalten; Kupfer, Ammoniak und Wasser waren in beiden gleich

Ammoniak-Kupferoxydul	134°,23	Campher	82°,59
Ammoniak-Kupferoxyd	119 ,83	Camphin	82 ,96
Sauerstoff	17 ,5	Leinsaat-Oel	85 ,56
Luft	3 ,4	Oliven-Oel	85 ,6
Oelbildendes Gas	0 ,6	Wachs	86 ,73
Stickstoff	0 ,3	Salpetersäure	87 ,96
Vacuum	0 ,0	Wasser	96 ,6
Kohlensaures Gas	0 ,0	Ammoniakflüssigkeit	98 ,5
Wasserstoff	0 ,1	Schwefelkohlenstoff	99 ,64
Ammoniakgas	0 ,5	Salpeterlösung gesätt.	100 ,08
Cyan	0 ,9	Schwefelsäure	104 ,47
Ein Glas	18 ,2	Schwefel	118
Reines Zink,	74 ,6	Arsenchlorid	121 ,73
Aether	75 ,3	Borsaures Blei, geschmolzen	136 ,6
Alkohol, absoluter	78 ,7	Phosphor	
Limonien-Oel	80 ,0	Wismuth	1967 ,6

Plücker, in seinem sehr schätzbaren Aufsatz [1]), behandelte Substanzen, die zu den stärkst paramagnetischen gehören; er bestimmte die Kraft für gleiche Gewichte.

Ein Hauptzweck bei der Construction eines so empfindlichen Instruments, wie das beschriebene, war die Untersuchung gewisser Punkte in der Theorie (*philosophy*) des Magnetismus, und darunter besonders den über die richtige Anwendung des Gesetzes des umgekehrten Quadrats der Entfernung, als des allgemeinen Gesetzes der magnetischen Wirkung. Von der gewöhnlichen magnetischen Wirkung kann man zweierlei Art unterscheiden: die zwischen zwei permanenten Magneten von unveränderlicher Beschaffenheit, und die zwischen einem solchen und einem an sich unmagnetischen Körper, der seinen Magnetismus erst empfängt und behält, während er dem ersteren ausgesetzt ist. Die erste Wirkungsart scheint in den reinsten Fällen jenem Gesetze zu unterliegen; allein es würde voreilig seyn, ohne Weiteres dasselbe Gesetz auch als gültig für

1) *Taylor's scientific Memoirs*, *V*, 713, 730 (Aus dies. Ann. Bd. 72, S. 345.)

die zweite Art zu betrachten [1]). Wir wissen nicht, ob Körper wie Sauerstoff, Kupfer, Wasser, Wismuth u. s. w. ihren respectiven Paramagnetismus und Diamagnetismus einer gröfseren oder geringeren Leichtigkeit der Leitung in Betreff der Magnetkraftlinien verdanken oder einer Art von Polarität ihrer Theilchen oder Massen oder einem anderen noch unbekannten Zustand; und es hat geringe Hoffnung, dafs wir den wahren Zustand und deshalb die Ursache der magnetischen Wirkung auffinden werden, wenn wir im Voraus das unerwiesene Wirkungsgesetz annehmen, und Versuche, die schon darauf hindeuteten, verwerfen, — denn Plücker hat es bestimmt als Thatsache hingestellt, dafs, bei Verstärkung der Kraft des dominirenden Magnets, die diamagnetische Kraft rascher wachse als die magnetische, — und diese Thatsache steht dem obigen Gesetz entgegen. Folgende Resultate sind weitere Belege dafür.

Wenn man einen Körper in Luft und in Wasser dem grofsen Logeman'schen Stahlmagnet aussetzt und die Resultate auf die hunderttheilige Scale reducirt, so bleibt die Relation der drei Substanzen dieselbe für gleichen Abstand, aber nicht für *verschiedene Abstände.* So erwies sich ein Cylinder von gewissem Flintglase, wenn er, umgeben von Luft oder Wasser, dem Magnet in 0,3 Zoll Abstand ausgesetzt ward, diamagnetisch gegen beide, und wenn man die Resultate auf die hunderttheilige Scale reducirte und Wasser zum Nullpunkt annahm, war er 9°,1 darunter oder auf der diamagnetischen Seite des Wassers. Bei 0,4 Zoll Abstand war er aber 10°,6, und bei 0,7 Zoll Abstand gar 12°,1 unter Wasser. Bei Anwendung eines diamagnetischeren Körpers, z. B. des schweren Glases, trat dasselbe

1) Die Elementar-Wirkung eines Magnets auf einen Körper, wie z. B. weiches Eisen, den er erst magnetisch erregen mufs, um ihn anziehen zu können, ist, eben wegen dieser Doppelwirkung, auch wohl nie als proportional dem umgekehrten Quadrat der Entfernung angesehen worden; sie könnte im einfachsten Falle sich nur umgekehrt wie das Biquadrat der Entfernung verhalten. *P.*

Resultat noch stärker auf, denn bei 0,3 und bei 0,8 Zoll Abstand war diefs respective 37°,8 und 48°,6 unter Wasser. Wismuth stellte einen noch auffallenderen Fall dar, obwohl, da sein Volum nothwendig klein seyn mufste, in die Richtigkeit der erhaltenen Zahlen kein gleiches Zutrauen gesetzt werden kann. Die Resultate für die drei Substanzen sind weiter unten gegeben; Luft ist immer 100° und Wasser 0°. Die erste Columne bei jeder Substanz enthält den Abstand in Zehntelzollen von der Axiallinie des Magnetfeldes, und die zweite den Ort in hunderttheiligen Magnetgraden unter Wasser.

Flintglas.	Schweres Glas.	Wismuth.
0,3 — 9°,1	0,3 — 37°,8	0,6 — 1871°
0,4 — 10 ,6	0,4 — 38 ,6	1,0 — 2734
0,5 — 11 ,1	0,6 — 40 ,0	1,5 — 3626
0,6 — 11 ,2	0,8 — 48 ,6	
0,7 — 12 ,1	1,0 — 51 ,5	
	1,2 — 65 ,6	

Hieraus geht hervor, dafs diamagnetische Körper desto diamagnetischer gegen Wasser sind, je gröfser ihr Abstand vom Magnet ist, dabei das Intervall zwischen Wasser und Luft als Einheit angenommen. Es erhellt ferner, wenn man aus so wenigen Versuchen etwas folgern darf, dafs dieser Abstand desto gröfser wird, je diamagnetischer der Körper gegen Luft und Wasser ist. Anfänglich glaubte ich, die Resultate möchten daraus entsprungen seyn, dafs der Körper, indem er dem Magnet bald näher, bald ferner gewesen, zuvor in einem besonderen Zustand versetzt worden. Allein es fand sich, dafs die Resultate gleich waren, man mochte bei den Versuchen von kleinen zu grofsen Abständen übergehen oder umgekehrt, man mochte, bei irgend einem Abstand, die Substanz vor der Messung dicht an den Magnet oder weit von ihm ab halten. Auf keinem dieser Wege liefs sich eine Anzeige von einem temporär inducirten Zustand auffinden [1]).

1) Eine gegebene Veränderung in dem Abstand schliefst nothwendig eine Veränderung in dem Grade der Kraft und in der Form der Kraftlinien

Es folgt nicht aus den Versuchen, dafs nur Glas oder Wismuth seine Relation zu den beiden anderen Körpern ändere. Es könnte auch der Sauerstoff der Luft sich ändern, oder das Wasser, oder, wahrscheinlicher, jeder der anderen Körper. Die Hauptsache ist, dafs die drei betreffenden Substanzen, Wasser, Luft und der zum Versuche genommene Körper, ihre magnetischen Relationen zu einander ändern, ihre magnetischen Kräfte bei verschiedenen Abständen von dem Magnet nicht in demselben Verhältnifs bleiben; und wenn sich diefs Resultat bestätigt, kann es nicht dem Gesetz des umgekehrten Quadrates der Entfernung untergeordnet werden. Ein auf einer Flüssigkeit schwimmendes und blofs der Schwerkraft der Erde ausgesetztes Hydrometer, würde, wenn alles Uebrige gleich bliebe, seinen Stand nicht ändern, wenn es von der Erdoberfläche um mehrere Erddurchmesser von ihr entfernt würde, weil die Wirkung der Schwerkraft sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält [1]); nehmen wir aber an, die Substanz des Hydrometers und die der Flüssigkeit seyen magnetisch verschieden, wie Wasser und Wismuth es sind, so würde das Hydrometer, gemäfs den Versuchen, in verschiedenen Entfernungen auf verschiedenen Punkten stehen.

Die Ursache dieser Veränderung des gegenseitigen Verhältnisses der Substanzen, ist noch aufzusuchen. Sie kann einigermafsen abhängen von den in verschiedenen Entfernungen verschiedenen Gestalten der Magnetkraftlinien; oder nicht von den Gestalten der Linien, sondern von dem Kraft-

ein; aber sie bewirkt diese Veränderung nicht immer zu gleichem Betrage. Bei demselben Abstande von 0,4 Zoll oder bei einem anderen mäfsigen Abstand sind die Kräfte in entgegengesetzten Richtungen abwärts von der Axiallinie gegen *m* und *n* (Siehe Figur S. 557) nicht dieselben; und wenn auch bei Vergröfserung oder Verringerung des Abstandes die Veränderung gleiche Richtung hat, erfolgt sie doch nicht in gleichem Verhältnifs. Bei zweckmäfsig eingerichteten Ankern kann sie in der einen Richtung mit ungemeiner Schnelligkeit erfolgen, in der anderen dagegen mit äufserster Langsamkeit oder gar nicht.

1) Oder richtiger weil sich die Wirkung der Schwerkraft auf beide Körper in gleichem Maafse ändert. *P.*

betrage in verschiedenen Entfernungen; oder nicht von dem Kraftbetrage allein, sondern von dem Umstande, dafs in jedem Fall der dem Versuch unterworfene Körper in seinen verschiedenen Theilen von Linien *verschiedener Kraftgrade* durchschnitten wird; denn wie verschieden auch der magnetische oder diamagnetische Zustand eines Körpers und der ihn umgebenden Flüssigkeit seyn mag, so würden doch beide in einem Felde von gleicher Kraft sich nicht gegen einander bewegen. Was aber auch die Ursache seyn möge, so wird sie eine Begleiterinn (*concomitant*) von magnetischen Actionen seyn; und deshalb mufs sie eingeschlossen seyn in die Resultate irgend eines Gesetzes, welches voraussetzlich diese Actionen beherrscht.

Es ist noch nicht hervorgehoben worden, dafs diese allgemeinen Resultate im directen Widerspruch zu stehen scheinen mit denen von Plücker, nach welchen die diamagnetische Wirkung, bei Zunahme der Magnetkraft, rascher wächst als die magnetische. Allein dieser Umstand, wenn unsere beiderseitigen Schlüsse mit der Erfahrung übereinstimmen, zeigt nur, dafs wir noch viel über die physische Natur dieser Kraft zu lernen haben. Körper, welche der Magnetkraft unterworfen werden, erlangen einen neuen physischen Zustand, welcher sich mit dem Abstande oder der Kraft des Magnets verändert. Jeder Körper mag sein eigenes Verhältnifs von Zu- und Abnahme haben, und diefs kann ein solches seyn, dafs der extreme Effect, den Plücker unter den paramagnetischen Körpern beobachtet hat, mit den extremen Effecten von diamagnetischen Körpern, die hier beschrieben wurden, in Verknüpfung kommen; und wenn wir alles recht verstehen, wird der scheinbare Widerspruch zur Harmonie werden, obwohl es nicht übereinstimmen mag mit dem Gesetz des umgekehrten Quadrats der Entfernung, wie wir jetzt versuchen es anzuwenden.

Schon Plücker hat in Folge seiner Beobachtungen gesagt, dafs keine genaue Liste von magnetischen Substanzen gegeben werden könne. Dieselbe Folgerung ergiebt sich, obwohl in anderer Richtung, aus dem jetzt Angegebenen,

und daher wurde der Vorbehalt S. 560 gemacht. Daher ist die Tafel nur als eine Annäherung gegeben, die indefs einstweilen nützlich seyn kann.

Früher [1]) habe ich aus der dualen Natur des Magnetismus und der Elektricität auf das Daseyn physischer Kraftlinien bei denselben geschlossen, sowie auch auf die Nothwendigkeit einer Relation und Abhängigkeit, in allen Fällen und zu allen Zeiten, zwischen den Polaritäten des Magnets oder den positiven und negativen elektrischen Oberflächen. In Betreff der Schwerkraft wurde eine unschlüssigere Meinung ausgesprochen, weil es schwierig war, Thatsachen zu beobachten, die eine Beziehung zur *Zeit* hatten, und weil zwei gravitirende Theilchen oder Massen, was das Daseyn oder die Erregung ihrer gegenseitigen Kraft betrifft, in keiner nothwendigen Abhängigkeit zu stehen schienen [2]). Gegenwärtig will ich eine in Newton's Werken aufgefundene Stelle beibringen, welche ihn, indem sie zeigt, dafs er ohne Anstand an physische Linien der Schwerkraft glaubte, unter Diejenigen versetzt, welche die physische Natur der Linien magnetischer und elektrischer Kraft behaupten. Die Stelle ist folgende, an Bentley geschrieben [3]): »Dafs der Materie die Schwerkraft angeboren, innewohnend und wesentlich sey, so dafs ein Körper auf einen andern in der Ferne durch ein Vacuum wirken könnte, ohne Vermittlung von Etwas, womit und wodurch die Wirkung und die Kraft von dem einen zum andern fortgeführt würde, ist für mich eine so grofse Ungereimtheit, dafs ich glaube, Keiner, der in philosophischen Dingen eine competente Fähigkeit des Denkens besitzt, könne jemals in dieselbe verfallen. Gravitation mufs durch ein beständig nach gewissen Gesetzen wirkendes Agens erzeugt werden; allein

1) *Proceedings of the Roy. Institution p.* 216 (Ann. Ergänzbd. III, S. 535.)

2) *Philosoph. Mag. Ser. IV.* 1852, *III*, 403 (3246).

3) *Newton's Works, Horsley's Edition*, 4°, 1783. *Vol. IV*, *p.* 438 oder dritter Brief an Bentley.

ob dieses Agens materiell oder immateriell sey, habe ich der Erwägung meiner Leser überlassen [1]).

Endlich erwähnte der Verfasser noch der merkwürdigen, von Sabine gemachten, und von Wolf, Gautier und Anderen bestätigten Beobachtung über den Zusammenhang zwischen dem Erscheinen von Sonnenflecken und der täglichen Variation des Erdmagnetismus. Schwabe ist veranlafst worden, die Sonnenflecke seit dem Jahre 1826 sorgfältig zu beobachten. Er fand, dafs sie an Zahl und Gröfse von Jahr zu Jahr allmälig zunahmen und dann abnahmen, wieder zunahmen und abermals abnahmen und so fort in regelmäfsiger Periode von etwa 10 Jahren. Folgendes ist ein Theil der Tafel, welche die Jahre der Maxima und Minima der Flecke angiebt [2]):

Gruppe in den Jahren.		Tage ohne Flecke.	Beobachtungstage.
1826			
1828	225	0	282
1833	33	139	267
1837	333	0	168
1843	34	149	312
1848	330	0	278
1851			

Lamont (Dec. 1851) [3]) wurde durch neuere Untersuchungen des atmosphärischen Magnetismus veranlafst, die tägliche Variation der Declination zu prüfen, und fand, dafs sie als Ganzes zunimmt, abnimmt und wieder zunimmt, in regelmäfsiger Veränderung von etwa 10 Jahr. Das Jahr 1844 hatte, wie er angiebt, ein Minimum der Variation von 6',61 und das Jahr 1848 ein Maximum von 11',15.

Bei Aufsuchung eines periodischen Gesetzes unter den mittleren Effecten der gröfsern magnetischen Störungen fand Sabine (März 1852) [4]) eine gleichzeitige Periode der Zu-

1) Ob Newton nun damit gerade der Lehre von *krummen* Kraftlinien beigetreten sey, könnte denn doch noch etwas zweifelhaft seyn. *P.*

2) Humboldt's Cosmos III, 291, 292, *Bibl. universelle* 1852, *XX*, 184.

3) Pogg. Ann. LXXXIV, 572.

4) *Phil. Transact.* 1852, *p.* 103.

und Abnahme in Hobarton und Toronto, Orten an entgegengesetzten Seiten der Erdkugel. Der Minimum-Effect war i. J. 1843, der Maximum-Effect 1848, folglich fast genau und übereinstimmend mit Lamont's Beobachtungen in München. Allein aufserdem hob er den aufserordentlichen Umstand hervor, dafs diese Variation der täglichen magnetischen Declination eine Periode von gleicher Länge hat, wie die von Schwabe bei den Sonnenflecken entdeckte, und überdiefs: dafs die Maxima und Minima der beiden so verschiedenen Erscheinungen zusammenfallen; denn 1843 zeigte die kleinste tägliche Variation und die kleinste Zahl von Sonnenflecken, 1848 dagegen die gröfste Variation und die meisten Flecke. Er hat auch bemerkt, dafs dieselbe Periode der Zu- und Abnahme, mit denselben Epochen, in der täglichen Variation der Inclination, auf beiden Erdhälften, vorhanden ist. Das Phänomen ist allgemein, sowohl bei allen magnetischen Elementen, als an allen, selbst den entferntesten Punkten der Erdoberfläche.

Gautier scheint auf dieselbe Coïncidenz gestofsen zu seyn, hat seine Ansicht aber nicht vor dem Juli 1852 veröffentlicht [1]). Wolf in Bern, welcher die Geschichte der Sonnenflecke durchforschte, hatte denselben Gedanken, publicirte ihn aber auch erst ausgangs Juli, oder anfangs August 1852 [2]). Er bemühte sich den allgemeinen Zustand der Sonnenflecke vom Jahre 1600 an zu verfolgen, und kommt zu dem Schlufs, dafs die wahre Länge der Periode 11,11 Jahre sey. Solche Coïncidenz in der Länge der Periode und in den Zeitpunkten der Maxima und Minima zweier so sehr verschiedenen Erscheinungen erweckt nothwendig den Gedanken, dafs sie in einer Beziehung zu einer gemeinschaftlichen Ursache stehen. So mufs uns jetzt die Beobachtung einer solchen Coïncidenz mehr als je zu einer ernsten Untersuchung der wahren Natur des Magnetismus treiben, wodurch wir jetzt Hoffnung haben, nicht allein

1) *Bibl. univers.* 1852, *XX*, 189.
2) Mittheilungen der Naturforsch. Gesellschaft in Bern, No. 245—247.

diese merkwürdige Erdkraft, sondern auch die ähnliche Kraft der Sonne, in einer neuen Richtung zu berühren.

VI. *Veränderungen der magnetischen Declination und Inclination zu Brüssel, während des letzten Viertel-Jahrhunderts, nach den Beobachtungen des Hrn. Quetelet.*

	Declination.	Inclination.
1827 Oct.	22° 28',3	68° 56',3
1830 Ende März	25,6	51,7
1832 » »	18,0	49,1
1833 » »	13,5	42,8
1834 Apr. 3 u. 4	15,2	38,4
1835 Ende März	6,2	35,0
1836 » »	7,6	32,2
1837 » »	4,1	28,8
1838 » »	3,7	26,1
1839 » »	21° 53',6	22,4
1840 März [1])	46,1	21,4
1841	38,2	16,2
1842	35,5	15,4
1843	26,2	10,9
1844	17,4	9,2
1845	11,6	6,3
1846	4,7	3,4
1847	20° 56',8	1,9
1848	49,2	0,4
1849 Apr. 5 u. 6	39,2	67° 56',8
1850 Apr. 11 u. 12	25,7	54,7
1851 Apr. 23 u. 24	24,7	50,6
1852 März 29 u. 30	18,2	48,6

(*Bullet. de l'acad. de Bruxelles, T. XIX, pt.* 1. *p.* 534; ausführlicher in d. *Annal. de l'observatoire de Bruxelles*).

1) Von 1840 bis 1848 ist die Declination das Mittel aus den im März täglich um 0^h, 2^h und 4^h am Magnetometer gemachten Beobachtungen.

VII. *Der verbesserte Apparat zur Beobachtung der atmosphärischen Elektricität; von Romershausen.*

Nachtrag zu dem Aufs. d. Annal. Bd. LXIX. St. I. S. 71.

Wenn auch der in obigem Aufsatz dargestellte Apparat im *Wesentlichen* das Erforderliche leistet und eine günstige Aufnahme gefunden hat [1]), so zeigten sich doch im Laufe mehrjähriger Behandlung einige Mängel, deren Beseitigung ich hier nachträglich mittheile, indem ich hoffe, einer *allgemeinern* für die gesammte Meteorologie hochwichtigen Beobachtung der atmosphärischen Elektricität einigermaſsen förderlich zu seyn.

Die seitherigen Unvollkommenheiten bestanden vorzüglich in Folgendem:

1. Bei stärkern elektrischen Entladungen wurden nicht allein die feineren *Elektrometer* öfter zerstört, sondern auch der Beobachter selbst in Unruhe versetzt.

2. Das *Bohnenberger'sche Säulen-Elektrometer* war wegen der kaum ausführbaren vollkommnen Gleichheit seiner Pole oft trüglich, indem eine Ausgleichung seiner Polarität durch Ableitung, vor der oft plötzlich eintretenden Elektricitätserregung, nicht möglich ist. Ueberdieſs ist ein vollkommnes Instrument dieser Art zu kostbar und vertheuert die Ausführung unnöthiger Weise.

3. Fehlte ein Instrument, welches die oft plötzlich einfallenden und momentan vorübereilenden *elektrischen Stöſse* dem nicht anwesenden Beobachter nachträglich anzeigt.

1) In dieser Beziehung sagt Dr. Guivartowsky (vergl. *Bulletin de la Société Imperiale des Naturalistes de Moscou* 1849 *p.* 608) in seinen *Observations faites à Moscou sur l'électricité, pendant l'epidemie cholerique: »on l'employai un instrument qui se prête parfaitement à ce genre de recherches, l'électroscope de Romershausen, dont la description se trouve dans les Annales de Poggendorff T. LXIX p.* 71*: Cet instrument, d'une sensibilité extrême, marque avec précision l'intensité et la nature de l'électricité atmosphèrique etc.«*

In Beziehung auf die bei *obigem Aufsatz befindliche Zeichnung* folgen hier nur die, zur Beseitigung dieser Uebelstände, ausgeführten und nach mehrjährigem Gebrauch bewährt gefundenen Verbesserungen.

ad 1) Die *Auffangstange* mit ihren feinen *Platinspitzen*, wie sie die frühere Zeichnung angiebt, bleibt dieselbe. Beigehende Zeichnung Taf. IV, Fig. 10 zeigt nur die verbesserte Einrichtung der Leitung.

id der von der *Auffangstange* herablaufende *Kupferdraht*; *G* ein *Glasrohr*, welches im Innern die beiden etwa 2 bis 3 Millim. entfernten *Metallkügelchen* *n* und *m* trägt. Die damit verbundenen Leitungsdrähte sind in Glasröhrchen und einem Korkverschlufs mit Schellak eingekittet, — sie durchbrechen also gut isolirt, die obere und untere Messingfassung *o* und *p*. Der *Zuleitungsdraht id* wird bei *s* vermittelst einer Klemmschraube mit dem obern Kügelchen in Verbindung gesetzt, während der untere von *p* herablaufende Leiter, vermittelst einer angelötheten *Kupferscheibe* *x*, in die feuchte Erde versenkt wird. Findet sich in der Nähe ein saftreicher Baum, so kann dieser *Erddraht*, vermittelst eines Kupfernagels in der Spitze desselben befestigt werden.

Das *Glasrohr G* ist sodann seitwärts bei *n* und *m* durchbohrt, um die in das Beobachtungszimmer führenden *Leitungen* *w* und *v* mit den Kügelchen in Verbindung zu setzen. Zu dem Ende werden die Drähte *wn* und *vm* seitwärts in die Kügelchen eingeschraubt, bei *n* und *m* verkittet und durch die in den Fensterrahm *F* eingelassenen Glasröhren isolirt in das Zimmer geführt.

Im Zimmer sind diese *Leitdrähte* bei *w* und *v* rechtwinklich umgebogen, und, wie die Vorderansicht Fig. 11 Taf. IV zeigt, an der nebenliegenden Wand parallel und wohl isolirt befestigt. Der *Leiter w* führt demnach die *atmosphärische-* und der *Leiter v* die *Erd-Elektricität*. Zur Beobachtung derselben sind die herablaufenden Drähte 1, 2 u.s.w. angelöthet, dieselben werden alsdann vermittelst der Klemm-

schrauben mit den, auf einem an der Wand befestigten Tischchen *ff* aufgestellten Instrumenten verbunden.

Diese Einrichtung gewährt mehrere Vortheile:

a) Sie schützt sowohl die Instrumente, als auch den Beobachter, indem die Elektricität bei stärkern Entladungen zwischen beiden Kügelchen in lebhaften Funken überströmt.

b) Gestattet sie die Beobachtung der zwar seltneren, aber um so interessantern positiv aufsteigenden *Erd*ströme.

ad 2) Zur Beobachtung dieser verschieden polarisirten elektrischen Spannung dient, anstatt des *Säulenelektrometers*, die Vorrichtung Fig. 12.

In dem hölzernen Fufsgestell eines Glasgefäfses sind die Leiter *de* und *cf*, wie die Figur zeigt, mit Schellack wohl isolirt eingelassen. Ein, vermittelst eines Glasröhrchens in dem obern Korkverschlufs angebrachter Metallstift *a* trägt das zwischen die Kupferkügelchen *c* und *d* herabhängende *Goldblättchen b*, und die aufserhalb aufsteigenden Drahtenden *f* und *e* werden mit den Leitungen 3, 4 und 5, 6 (Fig. 11) durch die Klemmschrauben verbunden.

Diese einfache Vorrichtung ist leicht und billig herzustellen, ersetzt vollkommen das kostbarere Säulenelektrometer und beseitigt die oben bemerkten Mängel desselben — indem die Bewegung des Goldblättchens die polare Richtung des elektrischen Stroms mit Sicherheit anzeigt.

ad 3) Fig. 13 Taf. IV zeigt im Durchschnitt die Einrichtung eines zu vorliegendem Zweck ganz geeigneten *Elektrometers*. In den Fufs des flachen Holzkästchens ist der *Leitdraht d* wohl isolirt eingelassen. Bei *m* ist ein aufsteigender Draht angelöthet, welcher die *Kupferlamelle e* trägt. Das im Mittelpunkt aufsteigende Ende der Leitung ist bei *c* mit einem fein polirten *Stahlhütchen* zur Aufnahme der die Nadel *aN* tragenden feinen *Stahlspitze* versehen.

Diese so leicht als möglich gearbeitete *Nadel* besteht aus einem Stückchen *Silberlahn a*, welches mit dem feinen *Drahtbügel b* verbunden ist, in dessen innerer Biegung die

Stahlspitze b und am andern Ende ein etwa 4 Mill. langes Stückchen einer feinen *Stahlnadel* angelöthet ist. Dieses Stahlstückchen wird zureichend nordpolarisirt, wenn man das Ende *N* mit dem Südpol eines Magnets in Berührung bringt. Nach vollkommener Berichtigung der Gleichgewichtslage dieser sehr beweglichen Nadel wird das Ganze mit einem *Glasdeckel gg* verschlossen.

Fig. 14 Taf. IV zeigt diese Vorrichtung von oben mit ihrer Gradtheilung, *e* die *Kupferlamelle* — *aN* die *Nadel*. Das Kästchen wird auf dem Tisch *ff* Fig. 11 so aufgestellt, dafs die Nadel im magnetischen Meridian liegend, *N* nach Norden zeigt, während das Südende *a*, an der Kupferlamelle *e* bis nahe zur Berührung anliegt.

In dieser Lage wird der *Leitstift d* Fig. 13 mit dem Leiter 7, 8 Fig. 11 verbunden. Da die Elektricität nun bei *d* eintretend, sowohl durch *m* die *Kupferlamelle*, als auch durch *c* die *Nadel gleichzeitig* motivirt, so zeigt das Instrument grofse Empfindlichkeit, und bei heftigern Stöfsen wird das *Südende* der Nadel, nach *e* hin, im ganzen Kreis herumgeworfen, wo es alsdann dem nicht anwesenden Beobachter diese momentanen elektrischen Ausgleichungen nachträglich anzeigt. Zu dem Ende darf die Lamelle *e* sich nur so weit zum Mittelpunkt hin erstrecken, dafs das kurze Nadelende *N* ungehindert vorüber gleiten kann. Durch Annäherung eines Magnets wird alsdann die Nadel zu ihrer normalen Lage zurückgeführt.

Der *Leitdraht* 1, 2 Fig. 11 ist endlich bestimmt, dafs in der frühern Zeichnung unter Fig. 13 dargestellte und von dem Säulenelektrometer gesonderte *Instrument* aufzunehmen. Wenn dieses *Elektrometer* nach meiner Angabe richtig construirt ist, — so zeigt es die feinsten Nüancen elektrischer Erregung.

Es ist rathsam zu diesen und ähnlichen Vorrichtungen nicht zu enge Glasgefäfse zu nehmen, da oft schon bei der Annäherung eine partielle Temperaturveränderung oder die leiseste Berührung, Elektricität im Glase erregt und Irrungen veranlafst.

Zu feinern Beobachtungen kann man sich des *Condensators* bedienen, indem man z. B. die *Basis* mit der *Leitung* 6 und die *Deckplatte* mit 4 verbindet u. s. w. Zur Messung andauernder starker Strömungen, habe ich das von mir neuerdings angegebene *Galvanometer* (Dingler polytech. Journ. Bd. CXVII. H. 5, S. 321) mit Vortheil benutzt.

Nothwendig ist es, dafs sich der Apparat in der Nähe des Beobachters befinde, da die elektrische Prozesse, aufser dem oft unmerklichen täglichen Schwankungen, meist plötzlich auftreten und nicht, wie die Barometer- und Thermometerbeobachtungen etc. an bestimmte Tagesstunden geknüpft werden können.

Diese wesentlich verbesserte Einrichtung des Apparats zur Beobachtung eines Hauptagens in der Meteorologie, scheint nun allen Anforderungen zu entsprechen und wird bei ihrer leichten Ausführbarkeit den allgemeinern Gebrauch begünstigen. Die seither vereinzelten Beobachtungen haben wenig Werth, — da die in ungemessener Schnelligkeit von fernher wirkenden Strömungen der *Luft*- und *Elektricität* in den wechselnden Erscheinungen des *Magnetismus*, des *Luftdrucks*, der *Temperatur*, der *Windrichtung*, der *Hydrometeore* und überhaupt im *gesammten organischen Leben*, eine bedeutende Rolle spielen, mithin nur eine *umfassendere* und *ineinandergreifende Beobachtung derselben* in dem noch dunklen Felde unserer Witterungsprocesse etc. Licht verbreiten kann.

Marburg im Mai 1852.

VIII. *Ueber die Messung der atmosphärischen Elektricität; von W. Hankel.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Berichten d. K. Sächs. Gesellschaft d. Wiss. zu Leipzig, 1852.)

Nach einer Erwähnung der bisher angewandten Verfahrungsarten zur Messung der atmosphärischen Elektricität, der Darlegung ihrer Unvollkommenheiten und Mängel erklärte der Verf. zunächst die von ihm angewandte Methode, welche an Bequemlichkeit, Schnelligkeit und Genauigkeit der Messung nichts zu wünschen übrig läfst. Er bedient sich nämlich eines Elektrometers, welches wesentlich mit dem früher von ihm in den Berichten über die Verhandlungen der mathematischen-physischen Classe der Gesellschaft für 1850 S. 71 bekannt gemachten [1]), übereinstimmt; nur sind alle Dimensionen mit Ausschlufs der Länge des Goldblättchens und der Gröfse der Polplatten, zwischen welchen das Goldblättchen hängt, sehr verkleinert; auch ist der gläserne Kasten ersetzt durch ein messingenes Gehäuse, welches nur an der vordern und hintern Seite Glas enthält, um das Goldblättchen mit dem Mikroskop beobachten zu können. Die nasse Säule, welche den Polplatten die Elektricität mittheilt, befindet sich in dem hölzernen Fufse des Instrumentes und nimmt sehr wenig Raum ein. Auf diese Weise ist das Instrument sehr leicht tragbar geworden, und mittelst einer kleinen Vorrichtung, welche das untere Ende des Goldblättchens festhält, erträgt es ohne Schaden alle Schwankungen und selbst heftige Stöfse. Das Instrument wird, sowohl um es gegen Unbill der Witterung, als auch gegen elektrische Einflüsse von Seiten des Körpers des Beobachtenden zu schützen, in eine Blechhülle gebracht, welche an der vordern, hintern und oberen Seite durch Deckel verschliefsbare Oeffnungen besitzt. Die vordere Oeffnung dient zum Durchgange für den Körper des Mikroskops, die hintere zum Ein-

1) Annal. Bd. 84, S. 28.

Eintritt des Lichtes für die Beleuchtung des Goldblättchens, und die obere zum Durchgange der mehr oder weniger langen Conductoren, welche man auf den Träger des Goldblättchens aufschraubt. Die Messung der atmosphärischen Elektricität geschieht dann sehr einfach auf die Weise, dafs man einen blechernen, oben verschlossenen, unten aber offenen Cylinder über den Conductor setzt und dann wieder abhebt. Wird während der Bedeckung des Conductors mit dem Blechcylinder der Conductor abgeleitet, so entsteht beim Abheben desselben in Folge der Vertheilung von Seiten der in der Atmosphäre vorhandenen Elektricität ein Ausschlag des Goldblättchens, der sich durch das Ocularmikrometer des Mikroskops genau messen läfst. Beim Bedecken des Conductors mit dem Blechcylinder kehrt das Goldblättchen wieder an seine Stelle zurück. Bei der Empfindlichkeit des Instrumentes bedarf es keines langen Conductors: es genügt eine Länge von 2 bis 3 Zoll, ja selbst noch weniger, je nach der Entfernung der Polplatten und der Kraft der angewandten Säule. Jede einzelne Messung erfordert übrigens, wie man sieht, nur eine sehr kurze Zeit, und es lassen sich daher selbst sehr schnell eintretende Aenderungen in der Stärke und der Art der Elektricität ohne alle Schwierigkeit verfolgen.

Von der Brauchbarkeit des Instrumentes, selbst auf Reisen, hatte sich der Vortragende in den letzten Herbstferien überzeugt, indem er einen Theil derselben während eines Aufenthaltes zu Arnstadt in Thüringen benutzte, um Messungen über atmosphärische Elektricität, und namentlich über die Unterschiede in ihrer Stärke je nach der Beschaffenheit des Standpunktes anzustellen. Er theilte die Resultate mehrerer Beobachtungsreihen mit, welche vollkommen genau gleichzeitig an zwei verschiedenen Standpunkten mit zwei einander ziemlich gleichen Instrumenten gemacht waren, deren eines von dem Oberlehrer am Gymnasio zu Arnstadt, Hrn. Hoschke, und deren zweites von ihm selbst beobachtet wurde.

Da man nicht darauf rechnen kann, dafs die nasse

Säule, bestehend nur aus Kupfer- und Zinkdrähten, welche in kleine mit Wasser angefüllte Gläschen von der Dicke einer Federspule gestellt sind, unverändert ihre Elektricität auf längere Zeit behält, so bedarf es eines Mittels, um die zu verschiedenen Zeiten mit demselben Instrumente angestellten Beobachtungen unter sich vergleichbar zu machen. Diefs läfst sich auf folgende Weise erreichen. Die Mitte der Säule wird mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, um den Nullpunkt an dieser Stelle zu erhalten, und der eine Pol mit der einen, der andere mit der andern Polplatte verbunden. Darauf wird die Elektricität erst des einen Poles, und dann ebenso auch des andern zu dem Goldblättchen geleitet, und der dadurch jedes Mal erzeugte Ausschlag gemessen; die durch die Verbindung mit dem positiven und dem negativen Pole entstehenden Ausschläge sind sehr nahe gleich. Das arithmetische Mittel aus ihnen dient dann, um alle Ausschläge auf eine bestimmte Empfindlichkeit zu reduciren, indem die Quadratwurzeln aus den auf diese Weise gewonnenen Ausschlägen ein Maafs für die Empfindlichkeit des Instruments, mit welcher unter übrigens gleichen Umständen die Ausschläge wachsen, abgeben. Vorgelegte Versuchsreihen mit Benutzung einer constanten Kette aus 24 Daniell'schen Elementen, deren Zahl nach und nach vermindert wurde, angestellt, bestätigen die Richtigkeit des übrigens theoretisch ableitbaren Verfahrens.

Die Wichtigkeit einer genauen Kenntnifs der atmosphärischen Elektricität, namentlich rücksichtlich ihrer Vertheilung über die Oberfläche der Erde und ihrer Aenderungen in längeren Zeiträumen, erfordert aber, dafs auch Beobachtungen an sehr entlegenen Orten, zu sehr verschiedenen Zeiten und mit sehr verschiedenen Instrumenten angestellt, mit einander vergleichbar gemacht werden. Es bedarf also einer Zurückführung der gemessenen Werthe auf ein sogenanntes absolutes Maafs. Ein solches läfst sich gewinnen mittelst Messungen an einer Drehwaage, mit deren Ausschlägen die Ausschläge des für die Beobachtung der

atmosphärischen Elektricität bestimmten Elektrometers verglichen werden. Der Vortragende hat z. B. eine solche construirt aus einem Waagebalken von 123,16 par. Linien Länge, welcher an seinen Enden zwei Kugeln von 8,8 par. Linien Durchmesser trägt, und mit einem Planspiegel zur Bestimmung seiner Stellung mittelst Fernrohr und Scala, wie bei dem Magnetometer, versehen ist. Jeder dieser Kugeln stehen in einer Richtung senkrecht auf die Richtung des Balkens in seiner Ruhelage zwei andere Kugeln, deren Entfernung sich beliebig verändern läfst, gegenüber. Während beide Kugeln des Balkens eine bestimmte Elektricität erhalten, wird zweien der festen Kugeln positive, zweien andern aber negative Elektricität mitgetheilt, so dafs sie sich in ihren Einwirkungen auf die beweglichen Kugeln unterstützen. Zur Bestimmung des Trägheitsmomentes des Balkens nebst seinem Zubehör dienen zwei verschiebbare Gewichte. Es ist zur Aufhängung ein ziemlich dicker Stahldraht genommen, um die Schwingungsdauer möglichst abzukürzen, so dafs bei der Stellung der Gewichte, wo sie dem Drehpunkte am nächsten sind, die Dauer einer Schwingung nur 47,73 Sekunden beträgt. Aus dem Trägheitsmomente und der Schwingungsdauer läfst sich aber der Widerstand, welchen der Stahldraht einer Drehung entgegensetzt, und damit auch die Einwirkung der Elektricität der Kugeln auf einander, welcher diese Drehung des Drahtes das Gleichgewicht hält, in den in der Mechanik auch sonst gebräuchlichen Einheiten, also in sogenannten absoluten Maafsen bestimmen.

Durch Vergleichung mit einer solchen Drehwaage lassen sich also allerdings die Ausschläge für solche Elektricität, welche dem Goldblättchen in einer bestimmten Weise mitgetheilt wird, bestimmen; es ist folglich dadurch ein Mittel gegeben, um die Empfindlichkeiten verschiedener Elektrometer ohne unmittelbare Vergleichung mit einander vergleichbar zu machen.

Die atmosphärische Elektricität wirkt aber nur durch Vertheilung auf den Conductor und das Goldblättchen des

Elektrometers. Der Ausschlag des letztern hängt aber bei vorausgesetzter gleich grofser Empfindlichkeit des Instrumentes nicht allein von der Stärke der in der Atmosphäre vorhandenen Elektricität, sondern ebenso sehr von der Form und Ausdehnung des Conductors und des Goldblättchens ab. Auf mehrfache Weise, z. B. durch geeignete Veränderungen in der Ausdehnung des Conductors, sind jedoch Mittel gegeben, um den Einflufs dieser Verhältnisse des Elektrometers zu erfahren, und so die Gröfse der Vertheilung auf einen Conductor von bestimmter Form zu erhalten. Es bedarf dann noch einer Festsetzung der Einheit für die Menge der Elektricität, welche ebenfalls auf die schon bekannten Einheiten der Mechanik zurückgeführt werden kann. Dadurch läfst sich die Stärke der atmosphärischen Elektricität ausdrücken in Werthen, welche angeben, welcher Elektricitätsmenge, aus einer bestimmten Entfernung (z. B. der Einheit der Entfernung) wirkend, die Elektricität der Atmosphäre am Beobachtungsorte rücksichtlich ihrer Vertheilungswirkung auf einen Conductor gleich kommt.

IX. *Ueber die Elektricität der Luft nach den Beobachtungen zu München und Brüssel. Schreiben an Hrn.* Lamont *von Hrn.* Quetelet.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *Bullet. de l'acad. de Bruxelles, T. XIX.*)

Seit langer Zeit mache ich mir Vorwürfe, Ihnen auf den verbindlichen Brief nicht geantwortet zu haben, durch welchen Sie mich auffordern, vergleichende Beobachtungen über die Luft-Elektricität anzustellen. Meine Absicht war, Sie zu bitten, mir zuvor über die von Ihnen angewandten Instrumente und erhaltenen Resultate Auskunft zu geben, damit ich sicher sey, dafs unsere Beobachtungen vergleichbar würden. Zum Theil freilich konnte ich meine Wünsche befriedigen, als ich Ihre Beschreibung der Münchner In-

strumente, so wie den in Poggendorff's Annalen, 1852, No. 4 eingerückten Aufsatz las.

Beim Durchsehen der Tafel Ihrer Beobachtungen von 1850 und 1851 überraschte mich die geringe Uebereinstimmung Ihrer Zahlen mit den meinigen. Damit Sie diese beurtheilen können, stelle ich hier neben die monatlichen Mittel, welche Sie für die Mittagsstunde geben, diejenigen, welche ich selbst zu derselben Zeit erhalten habe. Ihre Resultate sind in der zweiten Spalte *a* der folgenden Tafel enthalten, die meinigen in der dritten Spalte *b*. Aus meiner ersten, im Juli 1849 veröffentlichten Arbeit werden Sie ersehen haben, dafs die unmittelbar am Peltier'schen Elektrometer beobachteten Zahlen nicht die absoluten Werthe der elektrischen Spannung ausdrücken; letztere sind nach den reducirten Beobachtungen jedes Tages in der Spalte *b'* gegeben, und sie sind es, welche mit den Ihrigen verglichen werden müssen. Um die Vergleichungen zu erleichtern, habe ich alle diese Werthe auf eine selbe Einheit reducirt, auf das monatliche Mittel, welches sich aus den in der Tafel (in den Spalten α, β und β') aufgeführten Resultaten der zwölf letzten Monate ergiebt.

	Beobachtete Zahlen			Reducirte Zahlen.		
	München	Brüssel		München	Brüssel	
	a	*b*	*b'*	α	β	β'
Mai (1850)	3,08	19	145	0,72	0,62	0,91
Juni	2,80	14	25	0,65	0,45	0,16
Juli	3,28	12	22	0,76	0,39	0,14
August	3,72	22	84	0,87	0,71	0,52
September	3,23	28	96	0,75	0,91	0,60
October	4,88	36	153	1,14	1,17	0,96
November	5,51	35	162	1,28	1,14	1,01
December	7,20	45	272	1,68	1,46	1,70
Januar (1851)	6,34	50	446	1,48	1,63	2,78
Februar	5,98	51	470	1,39	1,66	2,93
März	5,18	28	106	1,21	0,91	0,66
April	3,04	27	95	0,71	0,88	0,59
Mai	2,56	21	53	0,60	0,68	0,33
Juni	3,11	19	45	0,72	0,62	0,28
Juli	3,15	20	50	0,73	0,65	0,31
August	3,03	21	53	0,71	0,68	0,33
September	2,83	24	65	0,66	0,78	0,41
October	3,59	29	104	0,83	0,94	0,65

Befänden sich München und Brüssel unter denselben elektrischen Umständen, so müfsten die Zahlen α und β dieselben seyn oder wenigstens dieselben Schwankungen zeigen. So fanden wir, wie alle Physiker, die sich mit der Luft-Elektricität beschäftigten, dafs die elektrische Spannung im Winter stärker ist als im Sommer; allein das von Ihnen gefundene Verhältnifs ist kaum 2 : 1, während es sich in Brüssel auf etwa 9 : 1 beläuft. Rührt dieser ungeheure Unterschied von örtlichen Ursachen her? Ich glaube es schwerlich. Da Sie bisjetzt die Sammlung ihrer Beobachtungen nicht veröffentlichten und die Berechnungsweise Ihrer Mittel nicht im Detail angaben, so weifs ich nicht, ob alle Beobachtungen unterschiedlos zu diesen beigetragen haben.

In diesem Zweifel wollte ich unsere Resultate mit den von andern Orten zusammenstellen; unglücklicherweise kenne ich, für diese letzten Zeiten, nur eine Beobachtungsreihe über diesen interessanten und so vernachlässigten Theil der Meteorologie; es sind die Beobachtungen zu Kew von Hrn. Ronalds in den Jahren 1845 bis 1847 [1]. Ich gebe sie in der folgenden Tafel, nebst den allgemeinen Resultaten von Brüssel für die sieben Jahre 1845 bis 1851. Die Beobachtungen von München, Brüssel und Kew beziehen sich auf die Mittagsstunde. Sie sind, indem das monatliche Mittel zur Einheit genommen wurde, in drei besonderen Spalten vergleichbar gemacht.

1) *Report of the* 19[th] *meeting of the British Association, held at Birmingham in Sept.* 1849. Siehe die Abhandlung von Hrn. Bird p. 113.

	Beobachtete Zahlen.			Proportional-Zahlen.			Brüssel. Zahlen	
	Brüssel	Kew	München	Brüss.	Kew	Münch.	beob.	proport.
Januar	518°	182°,4	6°,34	2,82	2,40	1,48	1,61	50°
Februar	333	179 ,3	5 ,98	1,81	2,35	1,39	1,45	45
März	169	58 ,2	5 ,18	0,92	0,76	1,21	1,13	35
April	105	40 ,7	3 ,04	0,57	0,54	0,71	0,77	24
Mai	81	41 ,3	2 ,56	0,44	0,55	0,60	0,65	20
Juni	40	26 ,8	3 ,11	0,22	0,35	0,72	0,55	17
Juli	42	31 ,8	3 ,15	0,23	0,42	0,73	0,55	17
August	62	28 ,5	3 ,03	0,34	0,38	0,71	0,68	21
Septemb.	74	31 ,0	2 ,83	0,40	0,41	0,66	0,81	25
October	140	65 ,1	3 ,59	0,76	0,85	0,83	1,03	32
Novemb.	230	80 ,5	5 ,51 *)	1,25	1,34	1,28	1,29	40
Decemb.	412	126 ,3	7 ,20 *)	2,24	1,65	1,68	1,47	46
Jahr	184	74,3 **)	4,29	12,00	12,00	12,00	12,00	31

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dafs die elektrischen Spannungen im Winter und Sommer sich verhalten in Brüssel wie 9 zu 1, in Kew wie 6 zu 1 und in München nur wie 2 zu 1. So grofse Unterschiede, wenn sie wirkliche sind, interessiren die Wissenschaft auf Höchste, und wenn sie aus der Unvollkommenheit der Instrumente oder der Methoden entsprangen, verdienen sie nicht minder grofse Beachtung.

Es ist also vor Allem zu untersuchen, ob die Ursache dieser Widersprüche in der Sammlungs- oder in der Berechnungsweise der Beobachtungsresultate liege.

Sie haben, mit einigen Abänderungen, Peltier's Instrument angewandt, aber in der Vergleichbarmachung Ihrer Resultate einen andern Weg wie dieser Physiker eingeschlagen. Hr. Peltier bestimmte den Werth der Grade seines Instruments, indem er die elektrischen Ladungen direct auf die Coulomb'sche Waage bezog; durch eine Tafel gab er für jeden Ablenkungs-Winkel φ der beweglichen Nadel seines Elektrometers die entsprechende elektrische Spannung an.

Ich habe eine ähnliche Tafel angewandt, gegründet auf ein etwas anderes Princip, auf die Methode der Theilung der Elektricität zwischen zwei Kugeln von gleicher Ober-

*) Diese Zahlen gehören zu 1850; die vorhergehenden zu 1851.

**) Die Notiz giebt die Zahl 75,4, die nicht das Jahresmittel ist.

fläche. Ich habe gefunden, dafs die auf diese Weise für die Grade meines Elektrometers berechnete Tafel vollkommen übereinstimmt mit derjenigen, welche Peltier nach seinen Beobachtungen für dasselbe Instrument berechnet hatte. Die beiden experimentellen Methoden gaben also gleiche Resultate.

Sie haben einen anderen Weg vorgezogen; sie stützen sich auf den Calcül, und die Hypothese annehmend, dafs die *Elektricität sich in dem Conductor und der beweglichen Nadel gleichförmig verbreite*, finden Sie, dafs die elektrische Spannung sehr nahe dem Winkel φ proportional ist, so dafs man $\eta = \varphi + F(\varphi)$ nehmen kann, eine Gleichung, worin $F(\varphi)$ eine kleine, vom Winkel φ abhängige Berichtigung bezeichnet. Sie betrachten diese Berichtigung und die wegen der Torsion des Fadens als zu vernachlässigen innerhalb eines Bogens von etwa 65 Graden, welcher 9 Theilen Ihrer Scale entspricht.

Diefs Resultat Ihrer Rechnungen stimmt nicht überein mit den von Hrn. Peltier und mir aus den Beobachtungen abgeleiteten Resultaten, selbst nicht für schwache elektrische Spannungen. Wenn man sie annähme, würden die Werthe β und β' der ersten Tafel, für Brüssel, nahe gleich, und das sind sie lange nicht. Diefs ist ein wesentlicher Punkt, auf den ich Sie aufmerksam zu machen mir erlaube.

Indem ich, mit Ihnen, die zu Brüssel direct beobachteten Werthe als Ausdrücke für die elektrischen Spannungen der Luft annehme, *ohne daran eine Berichtigung anzubringen*, finde ich, dafs meine Zahlen sich sehr den Ihrigen nähern, und dafs das Verhältnifs zwischen Winter und Sommer kleiner ist als 3 zu 1; allein ist diese Substitution gerechtfertigt?

Sey es mir erlaubt, Ihnen noch eine andere Bemerkung zu machen. Sie sagen S. 5 in der Beschreibung der neuen Instrumente und Apparate des Münchner Observatoriums, das von Ihnen angewandte Elektrometer sey nach dem Princip des auf dem Brüsseler Observatorium gebräuchli-

chen Peltier'schen Instruments construirt; allein die Methode, um aus den Ablesungen des Instruments die elektrische Spannung der Luft herzuleiten, sey wesentlich eine andere. Wirklich erblicke ich auch in der Abbildung alle Haupttheile des Elektrometers, welches zu meinen Beobachtungen dient und welches Hr. Peltier für unser Observatorium hatte construiren lassen; allein ich bemerke darin auch eine wichtige Verschiedenheit in den Verhältnissen. Die Kugel oben auf meinem Instrumente ist bedeutend gröfser als die auf dem Ihrigen, wenigstens nach der Abbildung zu urtheilen, denn Sie geben die Dimensionen nicht an.

Ich wünschte die Beweggründe zu kennen, die einen so geschickten Beobachter wie Sie bewogen haben, die Kugel auf so kleine Dimensionen gegen den sie tragenden Stift zu reduciren. Diese Reduction der Dimensionen mufs, wie mir scheint, Ihrem Instrumente einen weit geringeren Grad von Empfindlichkeit verleihen. Deshalb sagte Peltier, dafs die am Ende des Stiftes angehäufte Influenz-Elektricität den Rest der Länge an die entgegengesetzte Elektricität überlasse, um sich darauf zu vertheilen, dafs aber je länger relativ dieser Stift sey, desto kleiner der zur Nadel gelangende Theil werde und desto kleiner auch die Divergenz.

X. *Ein neuer Aspirator; von Thomas Andrews.*

(*Philosoph. Magazin, Ser. IV. Vol. IV. p.* 330.)

Bei diesem Aspirator wird der Luftstrom hervorgebracht durch das Heben eines cylindrischen Gefäfses *A*, welches am Boden offen ist und in das Wasser eines äufseren Gefäfses *B* taucht (Siehe Taf. HI, Fig. 5). Die Röhre c communicirt mit dem innern und oberen Theil von *A*. Die Schnüre *gg* sind an Gewichten befestigt, die *A* aufwiegen.

Kurz die Construction ist genau dieselbe, wie die der Gasometer, welche im Großen bei der Bereitung des Beleuchtungsgases angewandt werden. Um *A* zu heben, ist es mittelst eines Messingstabes *fh* verbunden mit dem freien Ende der Kette einer Schwarzwalder Uhr (*common one-day German clock*), deren Gewicht *k* vergrößert ist, damit es im Stande sey, sowohl das Uhrwerk zu bewegen als den Widerstand von *A* zu überwältigen. Hierdurch wird der Cylinder vollkommen gleichförmig gehoben, in beliebigem Maaße, je nachdem man das Uhrpendel verlängert oder verkürzt. Hat der Cylinder die gehörige Höhe erreicht, so wird seine Bewegung, so wie gleichzeitig die der Uhr, durch die Nuß *f* gehemmt. Zum Behufe einer zweiten Operation, wird das Uhrgewicht *k* abgenommen, der Hahn *d* geschlossen, und der *e* geöffnet; übt man nun auf den Cylinder *A* einen mäßigen Druck aus oder legt ein Gewicht darauf, so sinkt er bis sein unterer Rand auf *B* zu stehen kommt; *t* ist ein Thermometer, dessen Kugel sich in *A* befindet.

Sehr leicht bestimmt sich durch einen Versuch genau das Luftvolum, welches in den Cylinder *A* während seines Steigens eintritt, und, wenn der Apparat sorgfältig construirt ist, entspringt kein merklicher Fehler aus Ungleichheiten im Luftvolum, das bei verschiedenen Beobachtungen in *A* eintritt. Und kennt man den Barometerstand und die Temperatur der Luft in *A*, wodurch man zugleich die Spannung des Wasserdampfs erhält, so ist es leicht, das bei einem normalen Thermo- und Barometerstand durch den Apparat gegangene Luftvolum zu berechnen. Gebraucht man den Aspirator zur Bestimmung der Menge des Wasserdampfs oder eines anderen absorbirbaren Bestandtheils der Atmosphäre, so wird es nöthig, auch die mittlere Temperatur und den mittleren Luftdruck während des Versuchs zu kennen. Mit diesen Datis giebt eine einfache Rechnung genau das Gewicht- oder Volum des in der Luft vorhandenen Wasserdampfs.

Es ist unnöthig hervorzuheben, wie mannigfache An-

wendungen ein Aspirator, der einen durchaus gleichförmigen Luftstrom liefert, finden kann. Er wird sich in chemischen Laboratorien häufig als ein sehr bequemes Untersuchungs-Instrument erweisen, und kann in gewissen Fällen selbst zu quantitativen Versuchen benutzt werden. Hauptsächlich aber findet dieser Aspirator seine Anwendung zu Untersuchungen über die Atmosphäre, zur Bestimmung ihres Gehalts an Sauerstoff, Kohlensäure, Wasserdampf und selbst Ammoniak, so dafs er, wenn ich nicht irre, eine nützliche Acquisition für meteorologische Observatorien seyn wird. Zu diesen verschiedenartigen Zwecken mufs er in Gröfse und Gestalt abgeändert werden; wo mit grofsen Luftmengen operirt werden soll, mufs man seine Dimensionen bedeutend vergröfsern und ein kräftigeres Uhrwerk anwenden als ich für nöthig fand.

Bei dem von mir angewandten Apparat fafste *A* 21,623 Liter oder beinahe 1320 Kubikzoll engl. Mit einem Pendel von der gewöhnlichen Länge waren zu seinem Steigen sechs Stunden erforderlich; bei Verkürzung des Pendels war diefs aber schon in anderthalb Stunden vollendet. Im letztern Falle gingen pro Minute 240 C. C. (14,6 Kubikzoll) Luft durch den Apparat, und unter diesen Umständen machte ich einige Versuche über das relative Austrocknungsvermögen gewisser Substanzen, wovon ich die Resultate hier kurz angeben will.

Mit sorgfältig getrocknetem Gyps in *T*, und Bimmsteinstücken, benäfst mit Schwefelsäure, in *T'*, erlitt die letztere, nach dem Durchgange des ersten Aspirator-Maafses, keine Veränderung; allein beim nächsten Versuch (bei Anwendung derselben Röhren) gewann sie 0,56 Grm. (0,86 Gran); und bei einem folgenden Versuch, nachdem man zwei Stunden hatte verfliefsen lassen, damit die Feuchtigkeit vom Gyps eingesogen würde, nahm sie noch 0,34 Grm. (0,52 Gran) zu.

Mit geschmolzenem Chlorcalcium in *T* und Schwefelsäure in *T'* betrug der Gewinn in *T'* bei drei aufeinander folgenden Versuchen respective 0,033, 0,040 und 0,040 Grm.

Trockner Gyps scheint daher besser als geschmolzenes Chlorcalcium zu seyn; allein beide trocknen die Luft nicht mit hinlänglicher Kraft, um bei diesen Versuchen angewandt zu werden.

Mit Schwefelsäure in *T* und in *T'* erfuhr die letztere durch die ersten sechszehn Aspirator-Maaſse, die durch die Röhren gegangen waren, keine Veränderung; dann aber begann sie rasch an Gewicht zuzunehmen.

Mit Chlorcalcium, das nicht geschmolzen, sondern bloſs gut getrocknet worden, wie es Liebig schon seit lange zu organischen Analysen empfahl, in *T*, und Schwefelsäure in *T'*, wurden einige interessante Resultate erhalten. Um zu ermitteln, ob die Absorption der Feuchtigkeit in *T'* vollständig wäre, wurde zwischen dieser Röhre und dem Aspirator eine dritte Röhre mit Schwefelsäure eingeschaltet. Sechszig Aspirator-Maaſse leitete ich folgweise durch diese Röhrenreihe, die nur von Zeit zu Zeit entfernt wurde, um gewägt zu werden. Nach dieser Operation belief sich die Zunahme von *T* auf nicht weniger als 12,252 Grm. (189,08 Gran), die von *T'* auf 0,141 Grm. (2,17 Gran) und die der Röhre zunächst am Aspirator auf 0,21 Grm. (0,32 Gran). Es ist wichtig zu bemerken, daſs der Gewinn von *T'* gleichförmig war, vom Anfang bis zu Ende des Versuchs; durchschnittlich betrug die Gewichtszunahme für jede Hebung des Aspirators von der ersten bis zum fünf und zwanzigsten 0,0024 Grm. (0,037 Gran) und von der fünf und zwanzigsten bis zur sechszigsten: 0,0023 Grm. (0,035 Gran). Der Gewinn der dritten Röhre war ganz unbedeutend, betrug nicht $\frac{1}{600}$ der ganzen Menge des Wasserdampfs und entsprang wahrscheinlich aus Feuchtigkeit von der Luft im Aspirator oder aus anderen zufälligen Ursachen.

In diesem Falle war der Versuch so lange fortgesetzt worden, bis der Luftstrom durch das Zerflieſsen des Chlorcalcium in dem vom Aspirator abstehenden Schenkel von *T* unterbrochen wurde; das Austrocknungsvermögen des Chlorcalciums in dem anderen Schenkel blieb dabei jedoch bis zu Ende ungeschwächt. Es erhellt dann, daſs aus

1296 Liter (oder nahe 80000 Kubikzoll) atmosphärischer Luft, in ihrem gewöhnlichen Zustande hier zu Laude, alle Feuchtigkeit durch eine Röhre mit etwa 90 Grm. (1400 Gran) Chlorcalcium, unterstützt durch eine Röhre mit etwa halb so viel Schwefelsäure, vollständig absorbirt werden kann. Da diese Röhren gleichzeitig auf die Waage gebracht werden können, so entsteht durch Anwendung beider keine Störung. Fernere Versuche sind jedoch nöthig, um zu bestimmen, ob die kleine Gewichtszunahme der Schwefelsäure-Röhre wirklich aus der Absorption von Wasserdampf entsprang oder aus der Absorption eines Theils der in der Luft vorhandenen Kohlensäure durch die Schwefelsäure [1]). Erwiese sich die letztere Ansicht als richtig, so müfste trocknes Chlorcalcium, statt der Schwefelsäure, in der Röhre *T* genommen werden.

Bei einer geringen Abänderung würde der Apparat die Feuchtigkeitsmenge in der Luft für kürzere Zeiten geben; und es leidet keinen Zweifel, dafs nicht die Röhren auch noch alle Feuchtigkeit aus der Luft absorbiren würden, wenn diese mit gröfserer Geschwindigkeit als in dem oben beschriebenen Versuch dieselben durchströmte. Bei Verlängerupg der *U*-Röhren würde es nicht schwer halten in einer und selbst in einer halben Stunde 0,5 bis 1,0 Grm. (7 bis 14 Gran) Wasser aus der Luft zu absorbiren, und somit könnte man den Wasserdampfgehalt bis auf $\frac{1}{300}$ der ganzen Menge genau bestimmen, statt man durch die bisjetzt allgemein üblichen Methoden höchstens $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{10}$ in unsicherer Annäherung erhalten kann.

Belfast, 28. Sept. 1852.

1) Siehe über diesen Gegenstand die Beobachtungen des Prof. Rogers in der *Chemical Gazette*, *Vol. VII*, *p.* 477.

XI. *Ueber einen Commutator von neuer Form; von Hrn. Félix de Fauconpret.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXXVI, p.* 155.)

Der Apparat, Fig. 6 Taf. III, besteht aus einem Rade von Glas, auf welchem drei gezahnte Ringe von Kupfer, *A*, *B*, *C* befestigt sind. Die Figur zeigt die Lage dieser Zähne. Das Rad ist durch eine Handhabe um eine Axe drehbar. Auf dem Gestell des Apparats sind sechs Federn α, β, γ, δ, λ, μ befestigt.

α communicirt mit dem Ringe *A*
λ » » » » *B*
μ » » » » *C*
β » » einem der Zähne von *A*
γ » » » » » » *C*
δ » » » » » » *B*.

Die Figur zeigt, wie diese Federn verbunden sind mit den beiden Inductionsrollen, der Säule und der betrachteten Schliefsung *M*. Gesetzt die Feder β sey in Contact mit dem Glase in *a*. Dreht man nun den Kreis, so dafs sie mit dem Kupferzahn *b* in Berührung kommt, so geht der Strom durch, und es entsteht ein Inductionsstrom. Angenommen dieser Strom habe die Richtung der Pfeile, so durchläuft er die Schliefsung $\delta f r \lambda M \mu q \varepsilon \gamma$.

Dreht man das Rad weiter bis β das Glas bei *c* berührt, so hört der Strom auf; es entsteht ein Inductionsstrom von entgegengesetzter Richtung, und, wenn man erwägt, dafs dann die Feder γ mit dem Zahn *f*, und die Feder δ mit dem Zahn *g* in Berührung steht, so sieht man, dafs die vom Strom durchlaufene Schliefsung ist: $\gamma f r \lambda M \mu q g \delta$. Also durchläuft er den Theil *M* der Schliefsung in gleichem Sinn wie zuvor.

Auf folgende Weise läfst sich einer der Inductionsströme fortnehmen. Mittelst einer Schraube können die Federn γ und δ etwa ein Centimeter gehoben werden, so dafs,

bei der Stellung der Figur, die Feder δ den Zahn f in m berührt, und die Feder γ wie zuvor bleibt. Wie man sieht, kann nun der Inductionsstrom, der aus dem Uebergang der Feder β vom Glaszahn a zum Kupferzahn b entspringt, in die Schliefsung M gehen; aber derjenige, der aus dem Uebergang der Feder β vom Zahn b zum Zahn c entspringt, kann es nicht mehr, weil dann δ mit dem Glaszahn n communicirt. Läfst man dagegen die Feder δ in ihrer ursprünglichen Lage und setzt die Feder γ mit dem Zahn f bei m in Berührung, so werden die entgegengesetzten Inductionsströme die Schliefsung M durchlaufen.

XII. *Ueber das optische Verhalten von Prismen aus Doppelspath, aus Beryll, aus Quarz und aus Arragonit; vom Fürst Salm-Horstmar.*

Prisma aus Doppelspath. Es sey ABC,* Fig. 15 Taf. IV, dieses Prisma so geschnitten, dafs dessen Fläche AB rechtwinklich ist zur optischen Axe. Die Winkel BAC u. BCA seyen $=54\frac{1}{2}°$. Die Kanten dieses Prisma's rechtwinklich zum Hauptschnitt des Rhomboëders. Mit diesem Prisma habe ich folgende Beobachtungen gemacht, welche zugleich einen Irrthum berichtigen, der sich in meiner Mittheilung im Bd. 85 S. 320 dieser Annalen findet, wo ich anführte, dafs ein solches Kalkspathprisma keine farbigen Streifen zeige bei innerer Totalreflexion eines linear polarisirtes Licht entfaltenden Strahls. Der Grund dieser irrigen Beobachtung lag darin, dafs die Winkel des Prisma's nicht genau geschnitten waren, wie ich später fand.

Läfst man künstlich polarisirtes Licht, oder natürlich polarisirtes Licht vom blauen Himmel rechtwinklich auf die Prismafläche AB einfallen, von der Fläche AC reflectiren und diesen durch die Fläche BC rechtwinklich austre-

tenden Strahl in das unbewaffnete Auge, in der Entfernung des deutlichen Sehens, fallen: so bemerkt man farbige, etwas gebogene Streifen, die sich bald in schmale parallele Streifen verwandeln, wenn das Auge in eine der oberen Kante des Prisma's näher liegende Gesichtslinie gebracht wird. Also ganz ähnlich der Erscheinung mit gleichem Prisma aus Bergkrystall. Bringt man aber das Auge ganz nahe an die Fläche *BC*, so sieht man die gebogenen Streifen sich in das Ringsystem mit schwarzem Kreuz verwandeln, und erblickt etwas über demselben das andere Ringsystem oder umgekehrt nach Lage des ordinären und extraordinären Strahles. Diese Erscheinung ist frappant. — Das Ringsystem ist aber etwas elliptisch, entsprechend der Totalreflexion.

Mit Lampenlicht ohne Nicol und ohne Glascylinder oder mit jedem andern Licht, *das kein polarisirtes Licht* enthält, ist diese Erscheinung nicht zu sehen.

Fällt der polarisirte Strahl aber durch Fläche *BC* ein, wird von *AC* reflectirt und tritt durch *AB* (also parallel der optischen Axe) aus, so sieht man mit unbewaffnetem Auge keine Streifen, kein Ringsystem, aber es erscheint sogleich, wenn man durch ein Nicol in gehöriger Nähe sieht, aber nur Ein Ringsystem.

Die Deutlichkeit des Bildes wird erhöht, wenn man den starken Glanz des reflectirten Lichtes etwas mildert.

Ein Prisma aus Beryll. Ist dieses auf gleiche Weise geschnitten und zwar so, dafs die Kanten des Prisma's parallel mit 2 Endkanten der 6seitigen Säule sind, so erblickt man, wenn der polarisirte Strahl durch die rechtwinklich zur Axe geschnittene Fläche *AB* einfällt, mit unbewaffnetem Auge ein beinah geschlossenes Ringsystem, bei gehöriger Nähe. Tritt aber der polarisirte Strahl zur Fläche *AB* aus, so bemerkt man durch ein Nicol kein Ringsystem sondern nur ein irisirendes Farbenspiel, dem Perlmutter nicht unähnlich, von einer unregelmäfsigen Structur im Innern des Krystalls herrührend, und welches die Ursache der Erscheinung elliptischer Ringsysteme, sowohl bei dem Be-

Beryll, bei dem Amethyst und bei dem Turmalin zu seyn scheint.

Ein gleiches Prisma aus Bergkrystall. Auch bei dem von mir Bd. 85 S. 318 dieses Journals beschriebenen Bergkrystallprisma kann man das Ringsystem wenigstens theilweise sehen, unter gleichen Bedingungen und bei dicht genähertem Auge.

Ein gleiches Prisma aus Bergkrystall, parallel der optischen Axe geschnitten. Ein solches Prisma zeigt diese Erscheinungen nicht, keine farbigen Streifen. Nur in dem Fall zeigt es doch farbige Streifen wenn der Strahl, fast einen Winkel von 50° mit der Basis machend, auf die eine Seite einfällt, dann sieht man auf der andern Seitenfläche farbige Streifen parallel der Axe. Der brechende Winkel ist nahe = 30°. Dafs ein solches Prisma als Zerleger zu gebrauchen ist, mufs ich zwar zugestehen, aber nur auf die Weise, dafs man eine rechtwinklich zur Axe geschnittene Kalkspathplatte, durch die ein polarisirter Lichtstrahl einfällt, analysirt; doch sind die Farben des Ringsystems so matt, dafs man sich eines schwarzen Spiegels bedienen mufs, und dennoch erfordert es eine sehr aufmerksame Beobachtung.

Versucht man aber eine rechtwinklich zur Axe geschnittene Quarzplatte damit zu analysiren, so gelingt dieses nicht ohne das Auge mit einer Turmalinplatte zu bewaffnen. Dafs ein parallel der Axe geschnittenes Prisma aus Bergkrystall so schwache zerlegende Kräfte zeigt, bleibt doch etwas Auffallendes.

Prisma aus Bergkrystall mit 45° Neigungswinkel der Fläche AB zur Axe. Ein solches Prisma Fig. 16 Taf. IV. zeigt auch farbige Streifen, mit blofsem Auge sichtbar, bei gehörig einfallendem polarisirtem Licht; sie sind aber besonders nur dann sichtbar, wenn der Strahl eine zweite Reflexion erlitten hat, nämlich nachdem er den Weg *abcd* zurückgelegt und dadurch die Linie der optischen Axe *bc* durchlaufen hat.

Ein solches Prisma zeigt aber eine merkwürdige Erscheinung in Hinsicht seiner Lichtschwäche, im Vergleich

mit einem gleichen Prisma aus Spiegelglas — bei Totalreflexion. Nämlich, wenn ein polarisirtes Licht vom blauen Himmel auf der Fläche *b* dieses Prisma's (Fig. 17, Taf. IV.) die Totalreflexion erlitten hat und dann durch eine Kalkspathplatte *d* austritt und durch ein Nicol *e* betrachtet wird, so sieht man *ein mattes Bild* vom Ringsystem des Kalkspaths, nur sehr wenig elliptisch; setzt man aber an die Stelle des Quarzprisma's ein gleiches Prisma von Spiegelglas, so sieht man (*ceteris paribus*) *ein sehr lebhaftes* Bild des Ringsystems vom Kalkspath, gleichfalls etwas elliptisch. Der grofse Unterschied in der Lichtstärke ist hier auffallend. Dieses Quarzprisma wirkt als Zerleger, wenn polarisirtes Licht durch eine Kalkspathplatte fällt, bei *b* Totalreflexion erleidet und das unbewaffnete Auge sich in *a* ganz dicht vor der Fläche des Prisma's befindet. Hier erscheint das Ringsystem.

In diesem Quarzprisma erscheinen die farbigen Streifen auch noch auf folgende Weise, nämlich wenn ein Strahl *a* in *b* Totalreflexion erleidet und nun parallel der Axe *bc* austritt (Fig. 18, Taf. IV.).

Prisma aus Arragonit. Ist die Prismafläche *AB* (Fig. 19 Taf. IV.) wirklich rechtwinklich zu einer der optischen Axen geschnitten und $\angle A = \angle C = 54\frac{1}{2}^{\circ}$ und das linear polarisirte Licht fällt rechtwinklich auf *AB* und wird in *x* total reflectirt, so sieht man die beiden Ringsysteme, wenn das unbewaffnete Auge ganz dicht an der Fläche *BC* sich befindet, das eine Bild mit den schwarzen Büscheln, das andere ohne schwarze Büschel. Das Ringsystem zeigt deutlich den Einflufs elliptisch polarisirten Lichtes.

Prisma von Seignette-Salz. Wird in diesem Prisma die Fläche *AB* (Fig. 20 Taf. IV.) gleichfalls rechtwinklich zu der einen optischen Axe, und die Winkel wie bei dem vorigen Prisma geschnitten, und fällt alsdann das polarisirte Licht rechtwinklich ein auf die Fläche *AB*, so erscheint das Ringsystem ganz deutlich mit allen dem Seignette-Salz eigenthümlichen Farbenerscheinungen, wenn man den austretenden Strahl nach der Totalreflection durch eine Turmalin-



platte betrachtet, das Auge möglichst nahe an die Fläche *BC* haltend. Mit unbewaffnetem Auge aber ist keine Spur von Ringsystem zu sehen.

XIII. *Ueber den Hof um Kerzenflammen; von* Beer *in Bonn.*

In dem 84. Bande dieser Annalen habe ich die Resultate einiger Messungen des um eine Kerzenflamme sichtbaren Hofes mitgetheilt. Seitdem habe ich diese Beobachtungen theils an mir selbst, theils an anderen Personen fortgesetzt, sowie ich auch eine darauf bezügliche Mittheilung dem Fürsten zu Salm-Horstmar verdanke. Indem ich jetzt die Ergebnisse aller dieser Beobachtungen hier zusammenstelle, kann ich nicht umhin den Wunsch auszusprechen, dafs auch andere Physiker diesem für die Physiologie des Auges gewifs bedeutungsvollen Gegenstande ihre Aufmerksamkeit zuwenden und vor Allem eine gehörige Anzahl von Messungen des Hofes beibringen möchten. Zum Verständnifs der Tabelle, welche ich folgen lasse, bemerke ich, dafs n die Anzahl der jedesmaligen Beobachtungen, ϱ den aus *allen* Beobachtungen gemittelten Halbmesser der äufsersten Gränze des Hofes, *max.* den gröfsten, und *min.* den kleinsten beobachteten Werth eben dieses Halbmessers bedeutet.

Beobachter.	n.	ϱ.	max.	min.
Beer	11	3° 8′	3° 24′	2° 51′
Hr. Erhardt	8	3 38	3 53	3 23
Hr. Knoodt	1	3 48	. . . .	. . . .
Hr. Roudolf	9	3 0	3 13	2 52
Fürst Salm	1	3 58	. . . .	. . . .
Hr. Schmidt	13	3 44	4 54	3 7

Bei der Bestimmung des Fürsten Salm betrug die Entfernung des Auges von der Flamme 6 Fufs, bei den übri-

gen Beobachtungen lag sie zwischen $2\frac{1}{2}$ und $4\frac{1}{2}$ Meter, und erwies sich, wie zu erwarten, der scheinbare Durchmesser von der Entfernung unabhängig. Bei der Bestimmung des letzteren wende ich jetzt statt der Fadenpendel, deren ich an dem oben a. O. erwähne, zwei senkrechte Metallstäbe an, welche in einer Rinne auf beiden Seiten der Kerze bis zum Einschneiden in den Hof verschoben werden. Am leichtesten findet man den Hof bei einer Entfernung von 2 bis 3 Metern, und wenn man die Kerze in einem gröfseren Zimmer möglichst weit von der Wand entfernt, aufpflanzt; ein hinter die Flamme gestellter dunkler Schirm stört durch seinen Reflex das lichtschwache Phänomen.

Einer matten Färbung des Hofes erwähnt der Fürst Salm. Hr. Schmidt nennt die äufsere Gränze des Hofes violett gefärbt und Hr. Erhardt sieht die innere Gränze bläulich gefärbt.

Der Fürst Salm, sowie die HH. Knoodt und Erhardt, sehen aufser dem erwähnten Lichtringe noch einen zweiten kleineren Hof. Dermalen mufs ich diesen aber noch als die Gränze des hellen Raumes ansehen, welcher sich unmittelbar an die Flamme anschliefst und sie, allmälig an Intensität abnehmend, bis auf gewisse Entfernung hin umgiebt.

Den Grund des Hofes dürfte man wohl am nächsten in den radialen Fasern der Krystalllinse suchen. Hiegegen könnte aber die interessante Beobachtung sprechen, welche Hr. Wöhler die Güte hatte mir mitzutheilen. Ich erlaube mir seine eigenen Worte hieherzusetzen:

»Wenn man sich auch nur in geringem Grade einer nach Osmiumsäure riechenden Luft ausgesetzt hat, so sieht man Abends um jede Kerzenflamme einen sehr grofsen, regenbogenfarbigen Hof. Diese sehr auffallende Erscheinung hängt nicht von der Individualität meiner Augen ab, sondern sie findet bei Jedem statt, der sich der Wirkung dieser Substanz aussetzt. Sie wird offenbar bedingt durch eine Structur-Veränderung, welche die Conjunctiva in Folge

der chemischen Wirkung, welche die Osmiumsäure auf die meisten organischen Materien ausübt, erlitten hat. — Setzt man sich zu sehr der Wirkung der Osmiumsäure aus, so stellen sich, namentlich Abends, mehr oder weniger heftige Schmerzen durch den ganzen Augapfel hindurch ein. Uebrigens sind diese, wie auch die Hof-Erscheinung, vorübergehend; sie dauern etwa einen Abend lang und hinterlassen weiter keine Folgen.« Es wäre sehr zu wünschen, dafs ein Chemiker gelegentlich den scheinbaren Durchmesser des Wöhler'schen Hofes bestimmte. Erwiese sich dieser als mit dem gewöhnlichen Hofe identisch, so dürfte auch der Sitz des letzteren mit grofser Sicherheit in der Hornhaut gesucht werden.

Eine alte Notiz über unseren Hof finde ich in Priestley's Geschichte der Optik, übersetzt von Klügel S. 440. Es heifst hier: Simon Kotelnikow sieht *den bunten Hof, der bisweilen um eine Lichtflamme erscheint*, als von einerlei Art mit einem der Regenbögen an, die nahe bei der Sonne erscheinen würden, wenn ihr überstarker Glanz es nicht hinderte (*Novi comment. Petrop. vol.* 7. *p.* 276).

XIV. *Der blaue Stollen bei Zuckmantel; von E. F. Glocker.*

Wenn man von Zuckmantel aus die alte, jetzt verödete Strafse einschlägt, welche zwischen dichter Waldung über den 2843 Fufs hohen *Querberg* hinaufführt, so gelangt man nach ungefähr einer Stunde zu einem alten, rechts von dieser Strafse an einem Abhange mitten im Waldgebüsch angelegten Stollen, welcher unter dem Namen des *blauen Stollens* bekannt ist und viele Jahre lang verlassen war. Als dieser Stollen im Jahre 1848 wieder geöffnet wurde, zeigte er in seinem Innern eine prachtvolle Erscheinung

Wände, Decke und Sohle waren wie mit himmelblauem Sammt ausgekleidet und im Grunde flofs ein Wasser, durch welches ein ebenso schönes Blau hindurchschimmerte. Bergleute und selbst Bergbeamte hielten die blaue Substanz für Kupfervitriol; es war aber ein sehr feiner ausgezeichneter *Allophan*. Der Anblick des Stollens in seinem damaligen Schmucke war zauberisch. Noch erhöht wurde die Pracht durch die malerischen Formen, in denen der Allophan sich darstellte. An den senkrechten Wänden und an der Wölbung der Firste sah man treppenförmig und dachziegelförmig über einander hervorragende hochblaue Gebilde, welche mit tropfsteinartigen in Form kurzer abgerundeter Zapfen mit glatter Oberfläche abwechselten. Dazwischen erschienen Stellen mit zelligen Formen, fünfeckig- und unregelmäfsigeckig - zellig bis rundzellig mit scharf hervorstehenden schmalen Zellenwänden, die oft ziemlich tiefen Zellenräume mit feintraubigen Kügelchen von derselben Farbe bekleidet. Der sich regelmäfsig wiederholende Schatten, den die Beleuchtung zwischen den bald schwach, bald stark hervorragenden blauen Wellen, Treppen und Stalaktiten warf, brachte einen unnachahmlichen Wechsel von Hell- und Dunkelblau hervor, weit reizender, als wenn das Blau eine ununterbrochene einfarbige Ebene gebildet hätte. In der Sohle, sowohl auf dem Grunde des Stollenwassers selbst als zu beiden Seiten neben demselben, hatte sich der Allophan als der feinste Schlamm von etwas lichterer blauer Farbe abgesetzt, ähnlich der Bildung des feinen Schwefelschlammes in den Teplitzer Bädern bei Trentschin. Auch die dachziegelförmigen und stalaktitischen Gebilde hatten an ihrer Oberfläche einen weicheren feinerdigen Ueberzug, und es war sehr schwierig, gröfsere Exemplare davon zu erlangen, ohne dafs sie ihre schönen Formen einbüfsten. Sowohl der festere Allophan mit muschligem Bruche, als der sehr weiche feinerdige war mit einer Menge Wasser durchdrungen, welches sich bei dem letzteren sogar durch Druck auspressen liefs. An der Luft getrocknet, verlor der hochblaue Allophan, dessen Farbe sich stellenweise auch

in's Spangrüne zieht, die Frische und Lebhaftigkeit seiner Farbe und ging nach und nach in ein blasses Blau über [1]). Der feinschlammige zerfiel bei vollkommener Austrocknung zu einem sehr feinen Pulver.

Der herrliche Anblick des blauen Stollens nach seiner neuen Wiedereröffnung war aber nur von kurzer Dauer. Man könnte dieses bedauern, wenn nicht das Bedürfnifs der Gewinnung der Erze, welche durch die blaue Hülle verdeckt waren, die Zerstörung der letzteren nothwendig gemacht hätte. Mit dem Vorrücken des neuen Baues und mit der Verminderung des Grubenwassers verschwand in Kurzem die reizvolle Auskleidung und nur geringe Spuren blieben davon in Vertiefungen zurück. Dagegen setzt das aus dem Stollen jetzt schwach abfliefsende Wasser aufserhalb desselben auf den am obern Abhange zahlreich herumliegenden Stücken von Glimmerschiefer und Quarz noch fortwährend etwas Allophan, aber nur als ganz schwachen blafsblauen Ueberzug ab, was zum Beweise dient, dafs das Wasser jetzt lange nicht mehr so stark damit imprägnirt ist, als vormals. — Seit dem Verschwinden der Allophandecke im Innern der Grube sind nun die kahlen Felswände zum Vorschein gekommen und im Hintergrunde das anstehende Erz.

Der blaue Stollen hat eine ansehnliche Erstreckung. Zuerst geht er in gerader Richtung fort und theilt sich dann in zwei Strecken, wovon die eine, die Hauptstrecke, 200, die andere 150 Klaftern lang ist. Von den vielen Seitengängen sind die meisten so schmal, dafs sich kaum ein Mensch durchwinden kann; auch machen sie viele Krümmungen, welche die Unsicherheit des alten Bergbaues zu beweisen scheinen. An manchen Stellen sind die Strecken so hoch, dafs man aufrecht darin gehen kann; an anderen sind sie dagegen so niedrig, dafs man sie nur in sehr ge-

1) An einigen Exemplaren eines Allophans von Petrow bei Kunstadt in Mähren habe ich sogar einen Uebergang der himmelblauen Farbe ins Milchweifse wahrgenommen, nachdem dieselben mehrere Jahre lang in einem Schranke aufbewahrt gewesen waren.

bückter Stellung zu passiren im Stande ist. Zuweilen ragt in der Ecke eines sich umbiegenden Ganges ein Felsstück von oben so tief herab und schroff vorwärts, dafs man nur mit Mühe unter und neben ihm sich durchdrängt. Einigemal führen jedoch die Gänge auch in ziemlich weite Räume, welche durch den Ausbau des Erzes entstanden sind, und an deren Wänden man auch noch an vielen Stellen Erz hervorschimmern sieht. Die Strecken und Gänge sind in blofsem Fels ausgehauen, ohne Mauerung und Holzstempel, und mit blofsem Schlägel und Eisen ausgeführt ohne Anwendung von Pulver [1]). Man kann sich hiernach eine Vorstellung machen, wie aufserordentlich mühsam und zeitraubend der Bergbau in dem festen und harten Fels gewesen seyn mufs. Das Gestein des Stollens ist, nach vielen entblöfsten Stellen zu urtheilen, gröfstentheils ein unreiner dickschiefriger Quarzschiefer, auf seinen schiefrigen Ablösungsflächen oft mit sehr zarten Glimmer- oder Talkblättchen bedeckt, an anderen Stellen ein mehr oder weniger quarziger, oft sehr eisenschüssiger und, wenn die Glimmerblättchen grau und unkenntlich werden, sich dem Thonschiefer nähernder Glimmerschiefer, noch an anderen Stellen ein grünlich grauer oder blafs isabellgelber, meistens mit vielen Quarztheilchen durchdrungener Talkschiefer, und ganz im Innersten der Grube reiner Quarzschiefer. Die Schichten dieser Schiefer stehen fast senkrecht und zeigen zuweilen Krümmungen. In geringer Entfernung von dem Mundloche des Stollens bemerkt man einen Quarzgang, welcher vom Stollen durchschnitten wird.

Am Ende der beiden langen Strecken, wo man den Bergbau im Jahre 1818 wieder aufgenommen hat, erblickt man ganze Massen von Erz, welches, wie es scheint, eine stockförmige Lagerstätte hat, und sich in unregelmäfsigen

1) Die ersten Spuren des Erzbergbaus am Querberge, wovon die ältesten Gruben und unter diesen der blaue Stollen zeugen, finden sich im funfzehnten Jahrhundert. Ungeachtet das Schiefspulver damals schon längst bekannt war, so bediente man sich desselben doch noch lange nicht beim Bergbau.

und unterbrochenen Parthien in den Schiefer hineinzieht. Dasselbe besteht hauptsächlich aus feinkörnigem, theilweise auch aus grobkörnigem *silberhaltigem Bleiglanz*, welcher häufig mit *schwarzer* und *brauner Zinkblende* durchmengt und an manchen Stellen auch mit *dichtem* und *ocherigem gemeinem Brauneisenstein* verwachsen ist. In geringerer Menge erscheinen darin *Kupferkies*, *Schwefelkies* und *gemeiner Magnetkies*, der letztere gewöhnlich nur eingesprengt und in kleinen, selten in gröfseren derben Parthien [1]). Aufserdem ist der Bleiglanz auch von gemeinem Quarz, kleinblättrigem weifsem Kalkspath, grobkörnigem Braunspath und weifsem gemeinem Feldspath durchzogen. Die auf der Bleiglanzlagerstätte vorkommende Zinkblende ist gewöhnlich derb mit vollkommen blätterigen, spiegelig glänzenden Structurflächen, zuweilen jedoch auch krystallisirt in sehr niedlichen scharf ausgebildeten, 1 bis 3 par. Lin. grofsen starkglänzenden Octaëdern, welche auf den äufseren Flächen sammtschwarz, auf den blättrigen Structurflächen pechschwarz und im Striche röthlichbraun sind. Diese Octaëder besitzen theils vollkommene Homoëdrie, theils gehen sie ins Tetraëder über mit den untergeordneten Flächen des Gegentetraëders, wozu oft auch noch die Flächen des Granatoëders kommen, so dafs sie die Combination $\frac{O}{2}, \frac{O'}{2}, \infty O$ darstellen. An einem tetraëdrischen Krystalle fand ich überdiefs noch die Flächen eines Hexakistetraëders, aber sehr klein. Häufig sind die Krystalle Zwillinge nach dem gewöhnlichen Gesetze und nach derselben Form wie beim Spinell und Magneteisenerz; ferner sind sie ebensowohl einzeln als auch in kleinen Gruppen auf Braunspath oder feinkörnig-splittrigen Dolomit aufgewachsen.

In Begleitung des Bleiglanzes und Brauneisensteins hat sich, nachdem man allmälig tiefer mit dem neuen Baue in der Grube vorgedrungen ist, in den Jahren 1849 und 1850

1) Ich besitze aus dem blauen Stollen ein derbes Stück von gemeinem Magnetkies, durch welches ein Gang von grobkörnig-blättrigem Bleiglanz hindurchsetzt und sich darin auskeilt.

auch *weifser krystallisirter Kohlenbleispath* (Weifsbleierz) von vorzüglicher Schönheit gefunden. Die Krystalle desselben sind dünne, zum Theil nadelförmige Säulen von starkem Demantglanz; sie stehen meist gedrängt in büschelförmig gruppirten Drusen auf gelbem oder braunem Eisenocher und auf dichtem, oft porösem gemeinem Brauneisenstein, zuweilen unmittelbar neben Bleiglanz, doch auch in isolirten Säulen mit undeutlicher Endkrystallisation in unregelmäfsigen Vertiefungen eines rauhen sandartig-körnigen Brauneisensteins. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs diese Krystalle durch eine Metamorphose von Bleiglanz entstanden und nicht von sehr hohem Alter sind. Der Brauneisenstein, auf welchem sie aufsitzen, ist vielleicht gleichfalls eine Metamorphose von Schwefelkies, welcher ursprünglich in gröfseren Massen, als jetzt, in der Grube vorhanden gewesen seyn könnte.

Aus der Gesteinsbeschaffenheit des blauen Stollens mufs sich die Bildung des Allophans erklären. Dieser ist überall, wo er vorkommt, ein Zersetzungsproduct anderer Mineralien oder Gesteine. In dem blauen Stollen hat er sich während der langen Periode, in welcher der Bergbau dort ausgesetzt war, ruhig bilden können. Aber welche der dortigen Massen haben seine Bildung veranlafst? Da das Gestein des Stollens gröfstentheils Quarzschiefer und quarziger Glimmerschiefer ist, so hat die Erklärung des Ursprungs des Allophans grofse Schwierigkeit. Während einerseits der bedeutende Wassergehalt des letzteren seine vollkommne Erklärung in der allverbreiteten grofsen Feuchtigkeit des Stollens findet, so kann dagegen andererseits die zur Bildung des Allophans erforderliche Thon- und Kieselerde nur sehr ungenügend aus einer Auflösung des Glimmerschiefers und der schwachen glimmerigen Zwischenlagen im Quarzschiefer abgeleitet werden; denn der Glimmer dieser Gesteine zersetzt sich durch die blofse, wenn auch noch so lange dauernde Wirkung des Wassers nicht allein sehr schwierig, sondern scheint auch zur Bildung einer so grofsen Menge von Allophan, wie sie der erwähnte Stollen

in seiner ganzen Ausdehnung früher darbot, unzureichend zu seyn. Es müssen also bei der Bildung dieses Allophans besondere noch unbekannte Umstände mitgewirkt haben. Was die blaue Farbe desselben betrifft, so läſst sich der geringe Kupfergehalt, welcher diese Farbe hervorbringt, aus der Zersetzung des Kupferkieses herleiten, welcher dem Bleiglanze des Stollens oft beigemengt ist. Uebrigens kann noch bemerkt werden, daſs sowohl der Glimmerschiefer als der Quarzschiefer und Talkschiefer, auf welchen der Allophan meistens unmittelbar aufsitzt, sehr häufig durch Eisenoxydhydrat braun oder bräunlichgelb gefärbt sind, und daſs auch hin und wieder ochergelber und gelblichbrauner Eisenocher in einzelnen Parthien in und auf diesen Schiefern ausgeschieden vorkommt und die Vertiefungen von zelligem und porösem Quarz ausfüllt. Die Begleitung von Eisenoxydhydrat ist nach meinen Erfahrungen als ein geognostisches Kennzeichen des Allophans anzusehen: sie zeigt sich an allen Fundörtern desselben.

XV. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Zinnkieses; von C. Rammelsberg.*

Seit Kudernatsch dieses seltene Mineral untersucht hat, ist die Formel $(\overset{\prime}{\mathrm{Cu}}, \overset{\prime}{\mathrm{Fe}}, \overset{\prime}{\mathrm{Zn}})^2 \overset{\prime\prime}{\mathrm{Sn}}$ oder specieller $\overset{\prime}{\mathrm{Cu}}{}^2 \overset{\prime\prime}{\mathrm{Sn}} + (\overset{\prime}{\mathrm{Fe}}, \overset{\prime}{\mathrm{Zn}})^2 \overset{\prime\prime}{\mathrm{Sn}}$ wohl allgemein angenommen worden. Ich machte vor einigen Jahren eine Analyse des von Breithaupt beschriebenen Zinnkieses von Zinnwald bekannt [1]), welche zu derselben Formel führte.

Neuerlich hat Kenngott die Ansicht aufgestellt, daſs der Zinnkies ein *zinnhaltiger Kupferkies* gleichsam sey, der Formel $\overset{\prime}{\mathrm{Cu}}(\overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{Sn}}, \overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{Fe}})$ entsprechend, und daſs seine Form-

1) Diese Annalen Bd. 68, S. 518.

und Structurverhältnisse sich auf die des Kupferkieses wohl möchten zurückführen lassen [1]). Er setzt also nothwendig voraus, dafs das im Zinnkies stets vorkommende Zink ausschliefslich von beigemengter Zinkblende herrühre, die jenen in der That begleitet, gerade so wie man den geringen Bleigehalt dem beibrechenden Bleiglanz zuschreiben mufs.

Berechnet man in diesem Sinn die Analyse von Kudernatsch, so erhält man:

Zinnsesquisulfuret	$\overset{\prime\prime\prime}{Sn}$ 36,01 =	Schwefel	10,46	21,15
Eisensesquisulfuret	$\overset{\prime\prime\prime}{Fe}$ 23,13 =	»	10,69	
Kupfersulfuret	$\overset{\prime}{Cu}$ 36,84 =	»		7,45
Schwefelzink	$\overset{\prime}{Zn}$ 2,64 =	»		0,87
				29,47.

Kudernatsch hat 29,64 Schwefel gefunden, und da hier 7,45 : 21,65 = 1 : 2,84, beinahe = 1 : 3, so läfst sich die Ansicht von Kenngott, als sey das Mineral = $\overset{\prime}{Cu}\overset{\prime\prime\prime}{Fe} + \overset{\prime}{Cu}\overset{\prime\prime\prime}{Sn}$, hier wohl vertheidigen.

In der Zinnwalder Varietät jedoch fand sich aufser ein wenig Schwefelblei ein viel gröfserer Zinkgehalt, nämlich 6,93 Proc., welche 10,36 Proc. beigemengte Zinkblende ausmachen würden. Obgleich nun letztere mit dem Mineral verwachsen und schwerlich vollkommen abzusondern ist, so hat die von mir untersuchte Probe unmöglich zu $\frac{1}{10}$ aus Zinkblende bestanden, sondern ein Theil des Schwefelzinks ist, gleichwie in den eisenhaltigen Blenden, den Fahlerzen etc., isomorph mit Eisensulfuret. Berechnet man nun die Analyse, und zieht sämmtliches Zink ab, so erhält man:

1) Mineralog. Untersuchungen, erstes Heft S. 41. Auch: Uebersicht der Resultate mineral. Forschungen in den Jahren 1844—1849 S. 237.

	$\overset{'''}{Sn}$	40,79 =	Schwefel	11,85	17,69
	$\overset{'''}{Fe}$	12,64 =	»	5,84	
	$\overset{'}{Cu}$	33,00 =	»		6,69
beigemengt	$\overset{'}{Zn}$	10,36 =	»		3,43
beigemengt	$\overset{'}{Pb}$	0,48 =	»		0,07
		97,27.			27,88.

Danach hätte die Analyse 2,73 Proc. Verlust, und 2 Proc. zuviel Schwefel gegeben. Dafs Zink ein wesentlicher Bestandtheil des Kieses ist, geht ja schon aus der wechselnden Menge des Eisens beï ziemlich constantem Gehalt an Kupfer hervor (Kudernatsch fand 12,44 Proc., ich hingegen nur 6,8 Eisen), und die Zahlen 6,64 und 17,69 sind auch nicht = 1 : 3, wie Kenngott's Formel bedingt.

Da indessen die vorgeschlagene neue Formel doch Manches für sich hat, so habe ich meine Analyse jetzt wiederholt, um einen etwanigen Fehler in der Schwefelbestimmung aufzufinden. Die Probe, obwohl möglichst ausgesucht; enthielt doch sichtlich ein wenig Blende, wenngleich keine 10 Proc., und das Resultat war:

Schwefel	28,40
Zinn	24,27
Kupfer	28,04
Eisen	6,16
Zink	9,24
Blei	4,39
	100,50.

Man hat dann zur Bildung von:

$\overset{''}{Sn}$	Schwefel		13,25
$\overset{'}{Cu}$	»	7,11	15,88
$\overset{'}{Fe}$	»	3,53	
$\overset{'}{Zn}$	»	4,56	
$\overset{'}{Pb}$	»	0,68	
			29,13.

also 0,73 Proc. Schwefel mehr als die Analyse ergeben hat. Um der Formel $\acute{C}u^2 \dddot{S}n + (\acute{F}e, \acute{Z}n)^2 \dddot{S}n$ zu genügen, ist mithin an Schwefel erforderlich:

für das Sn			13,25
	Cu	7,11	
	Fe	3,53	13,25
	Zn	3,58	

so dafs 0,98 Schwefel = 1,99 Zinkblende abgezogen werden müssen, was nebst 5,07 Bleiglanz auch ganz wahrscheinlich ist, da auf die Absonderung des letzteren absichtlich nicht so genau geachtet worden war.

Für Kenngotts Formel hat man aber:

zu $\dddot{S}n$ Schwefel		8,83	14,12
$\dddot{F}e$	»	5,29	
$\acute{C}u$	»	7,11	

Läfst man also das Zink ganz fort, so verhalten sich die Schwefelmengen = 1 : 2, und rechnet man 4,56 + 0,68 Schwefel hinzu, so hätte die Analyse nur 26,47 Schwefel geben dürfen.

Trotzdem glaube ich, dafs der von Kenngott vorgeschlagene Ausdruck unter einer Bedingung für den Zinnkies sehr wohl annehmbar sey. Schreibt man ihn nämlich ganz allgemein $\acute{R} \dddot{R}$, so enthält die Verbindung 3 At. Metall gegen 4 At. Schwefel, und vergleicht man ihn mit dem älteren $\acute{R}^2 \ddot{S}n$ oder $\acute{R}^2 \ddot{R}$, so sieht man, dafs auch hier dasselbe stattfindet, nur darf man das Zink nicht aufser Acht lassen, und, mufs Cu = R nehmen. Wahrscheinlich sind $\acute{F}e$ und $\dddot{F}e$ gleichzeitig vorhanden, sowie auch $\acute{S}n$ neben $\dddot{S}n$. Die Resultate der Analysen werden aber dadurch keine Aenderung erfahren.

Ich habe meine letzte Analyse hier mit der von Kudernatsch zusammengestellt, nach Abzug des beigemengten Bleiglanzes, und des Fremdartigen:



	Kudernatsch.	R.
Schwefel	30,00	29,05
Zinn	25,86	25,65
Kupfer	29,75	29,38
Eisen	12,60	6,24
Zink	1,79	9,66
	100.	100.

Der Zinnwalder Zinnkies unterscheidet sich demnach von dem Cornwaller dadurch, daſs bei ihm die Hälfte des Eisens durch Zink ersetzt ist. In der That sind 9,68 — 1,79 = 7,89 Zink = 6,85 Eisen, und es möchte wohl auch hieraus erhellen, daſs nur eine kleine Menge Zink einer Beimengung von Blende angehört.

Die Atomgewichtsquotienten sind folgende:

	Kudernatsch.		R.	
S		14,8		13,8
Sn	3,5	11,1	3,3	11,0
Cu	3,7		3,6	
Fe	3,5		1,8	
Zn	0,4		2,3	

Die Zahlen 11,1 : 14,8 und 11,0 : 13,8 verhalten sich aber = 3 : 4, wie beide Formeln verlangen.

Die specielle Formel des Zinnkieses würde demnach

$$\left.\begin{matrix}\overset{\prime}{\text{Cu}}\\ \overset{\prime}{\text{Sn}}\\ \overset{\prime}{\text{Fe}}\\ \overset{\prime}{\text{Zn}}\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}\overset{\prime\prime\prime}{\text{Sn}}\\ \overset{\prime\prime\prime}{\text{Fe}}\end{matrix}\right.$$

zu schreiben seyn, und die Aequivalente von Sn : Cu : (Fe + Zn) sind = 1 : 1 : 1.

Die neue Formel des Minerals $\overset{\prime}{\text{R}}\overset{\prime\prime\prime}{\text{R}}$ hat ihre Analogien in der des Kupferkieses $\overset{\prime}{\text{Cu}}\overset{\prime\prime\prime}{\text{Fe}}$, einer Verbindung, welche einen isomorphen Mischungstheil des ersteren ausmacht; so wie ferner in der des Kobaltnickelkieses, vielleicht auch des Nickelwismuthglanzes, und manche andere Mineralien ähnlicher Natur werden überhaupt als $\overset{\prime}{\text{R}}^{\cdot}\overset{\prime\prime\prime}{\text{R}}$ be-

zeichnen, wie z. B. Buntkupfererz, Nadelerz, Chiviatit, Kupferwismutherz und Sternbergit. Es sind dieses sämmtlich natürliche Schwefelsalze, gleichwie die Verbindungen von Schwefelantimon oder Schwefelarsenik mit elektropositiven Schwefelmetallen.

XVI. *Monographie des Euklases*; *von J. Schabus.*

(Mitgetheilt, mit einigen Berichtigungen, aus den Sitzungsberichten der Acad. d. Wiss. zu Wien, April 1852.)

Die Veranlassung zu der vorliegenden Arbeit gab mir die ausgezeichnete Sammlung von Euklasen, die das *k. k. Hof-Mineralien-Cabinet* besitzt, und die mir von dem Director dieses Cabinets, dem würd. Mitgl. der kais. Akad., Hrn. P. Partsch, mit bekannter Bereitwilligkeit zur Untersuchung überlassen wurden. Obwohl ich anfangs nur die Untersuchung und Beschreibung dieser Euklase zu veröffentlichen beabsichtigte, so habe ich mich doch um so leichter dazu entschlossen, meiner Arbeit eine Zusammenstellung der diesen Gegenstand betreffenden Untersuchungen von Haüy, Phillips, Levy, Kupffer, Breithaupt und Weiss beizufügen, als ich auf diese Art einem mehrfach geäufserten Wunsche, eine Monographie dieser Species zu liefern, zu entsprechen glaubte.

Es zerfällt daher die Arbeit, welche ich hiermit die Ehre habe der hochverehrten Classe vorzulegen, in drei Theile.

Die *erste Abtheilung* enthält die eben berührte Zusammenstellung der bisher bekannt gewordenen Arbeiten über den Euklas. Aus dieser Zusammenstellung ist zu ersehen, dafs, wenn man jede der + und — Hälften der Hemiorthotype und horizontalen Prismen für sich bestehende Ge-

Gestalt betrachtet, durch Haüy bereits 16 verschiedene Gestalten an zwei Individuen beobachtet wurden. Es sind dieses die drei mit *r*, *u* und *i* bezeichneten positiven und die vier negativen Hemiorthotype *d*, *e*, *f* und *g*, die beiden horizontalen Prismen *n* und *o*, die negative Hälfte des Prismas *P*, drei der Axe parallele Prismen *s*, *l*, *h* und die Fläche *T*.

Von Phillips sind aufserdem zehn, der Axe parallele Prismen und die Fläche *M*; von Levy aber drei negative Hemiorthotype *a*, *m* und *w* angegeben und sieben verschiedene Combinationen beschrieben worden.

In der *zweiten Abtheilung* sind die Resultate der Messung und Rechnung niedergelegt. Da die Messung an einer grofsen Anzahl ausgezeichnet ausgebildeter Krystalle vorgenommen wurde, so war es mir möglich bei der Wahl der der Rechnung zu Grunde gelegten Winkel die gröfste Vorsicht zu gebrauchen.

Ich kann hier die Bemerkung nicht unterdrücken, dafs aus den Resultaten der Messung unzweifelhaft hervorgeht, dafs die von Breithaupt angegebene Verschiedenheit in der Neigung der Fläche *T* zu den anliegenden Flächen des Prismas *s*, lediglich in der unvollkommenen Ausbildung der zur Messung benutzten Krystalle oder irgend einer andern zufälligen Ursache zu suchen sey.

Die wichtigsten der gefundenen Neigungswinkel sind folgende:

Neigung	von	*T*	zu	*s* =	122°	29′	52″
»	»	*s*	»	*s*	115	0	16
»	»	*n*	»	*T*	108	9	16
»	»	*s*	»	*n*	91	24	30
»	»	*n*	»	*n*	143	41	28
»	»	*T*	»	*M*	90	0	
»	»	*T*	»	*t*	90	0	
»	»	*P*	»	*M*	130	51	50
»	»	*T*	»	*L*	133	40	0
»	»	*T*	»	*l*	112	58	0

Neigung	von	*T*	zu	*N*	107°	37′	30″
»	»	*T*	»	*h*	104	55	0
»	»	*T*	»	*i*	130	16	45
»	»	*T*	»	*u*	112	50	15
»	»	*T*	»	*r*	101	54	0
»	»	*T*	»	*o*	123	14	0
»	»	*T*	»	*f*	127	5	20
»	»	*T*	»	*d*	104	7	0
»	»	*T*	»	*e*	114	52	0

Aus diesen der Rechnung zu Grunde gelegten so wie aus den übrigen Neigungswinkeln und den Zonenlagen der verschiedenen Flächen erhält man, unter der Voraussetzung, dafs die beiden Hemiorthotype *r* und *d* die Grundgestalt bilden, wofür die Axenverhältnisse der übrigen Gestalten jedenfalls möglichst einfach werden, für die Grundgestalt folgende Werthe:

$$a:b:c:d = 5{,}52151 : 5{,}45057 : 16{,}83884 : 1$$

Abweichung der Axe in der Ebene der kleinen Diagonale

$$= 10^\circ\ 15'\ 56''$$

oder

$$a:b:c = 1 : 0{,}971351 : 3{,}000862$$

$$\text{und } C = 79^\circ\ 44'\ 4'';$$

$$P = \left\{ \begin{matrix} 151^\circ\ 42'\ 38'' \\ 156^\circ\ 13'\ 38'' \end{matrix} \right\};\ 91^\circ\ 16'\ 41'';\ 94^\circ\ 29'\ 38''.$$

Die einzelnen Gestalten erhalten folgende Zeichen:

$$+\frac{P}{2}(r);\ -\frac{P}{2}(d);\ P-\infty(t);\ -\frac{\bar{P}r-2}{2}(z);\ -\frac{\bar{P}r-1}{2}(g);$$

$$-\frac{P-1}{2}(a);\ -\frac{(\breve{P}-1)^4}{2}(b);\ -\frac{(\breve{P}-1)^5}{2}(c);\ -\frac{(\breve{P}-1)^{\frac{13}{2}}}{2}(k);$$

$$-(P-1)^8(x);\ -\frac{(\frac{2}{3}\breve{P}-1)^7}{2}(w);\ \frac{(\frac{4}{5}\breve{P}-1)^7}{2}(p);\ \breve{P}r(n);$$

$$-\frac{\bar{P}r}{2}(P);\ \frac{(\breve{P})^{\frac{3}{5}}}{2}(v);\ \frac{(\breve{P})^2}{2}(u);\ \frac{(\breve{P})^4}{2}(i);\ -\frac{(\breve{P})^3}{2}(f);\ -\frac{(\frac{5}{3}\breve{P})^{\frac{9}{5}}}{2}(m);$$

$-\frac{(\breve{P}+1)^{\frac{3}{2}}}{2}(e) - \frac{(\frac{3}{4}\breve{P}+3)^{\frac{29}{15}}}{2}$; $\breve{P}r + 1\ (o)$; $P + \infty\ (N)$ [1]);
$(\breve{P}+\infty)^2\ (s)$; $(\breve{P}+\infty)^3\ (L)$; $\breve{P}r+\infty\ (T)$; $\bar{P}r+\infty\ (Q)$.

Bezeichnung der Gestalten nach Naumann:
$0P(t)$; $+P(d)$; $-P(r)$; $+\frac{1}{2}P(a)$; $+(2P4)(b)$; $+(\frac{5}{2}P5)(c)$ $+(\frac{13}{4}P\frac{13}{2})(k)$; $+(4P8)(x)$; $-(2P2)(u)$; $-(4P4)(i)$; $+(3P3)(f)$; $+(3P\frac{3}{2})(e)$; $+(3P\frac{9}{5})(m)$; $+(\frac{14}{5})P7)(p)$; $+(\frac{7}{3}P7)(w)$; $+(\frac{29}{3}P\frac{29}{18})(y)$; $(P\infty)(n)$; $(2P\infty)(o)$; $+\frac{1}{4}P\infty)(z)$; $+\frac{1}{2}P\infty$; $+P\infty(P)$; $(\quad P3)(L)$; $(\infty P2)(s)$; $(\infty P\frac{9}{5})(\alpha)$; $(\infty P\frac{3}{2})(\beta)$; $(\infty P\frac{4}{3})(l)$; $(\infty P\frac{7}{6})(\gamma)$; $\infty P(N)$; $\infty P\frac{6}{5}(h)$; $\infty P\frac{3}{2}(\delta)$; $\infty P4(\varepsilon)$; $\infty P9(\zeta)$; $\infty P16(\eta)$; $\infty P\infty(T)$; $\infty P\infty\ (M)$.

Aufser diesen giebt es noch eine gröfsere Anzahl von der Axe der parallelen Prismen, die in der Abhandlung selbst angeführt sind.

Die *dritte Abtheilung* endlich bildet die Beschreibung der einzelnen Krystalle des k. k. Hof-Mineralien-Cabinets. Durch die Güte des Hrn. Prof. Zippe wurde ich in die Lage gesetzt, die Anzahl der Individuen um zwei schön ausgebildete vermehren zu können, die der *Zippe'schen Sammlung,* welche sich nun in der hiesigen k. k. Universität befindet, angehören.

Die in dieser Abtheilung angeführten Individuen erreichen die, für eine so seltene Species gewifs grofse Zahl von 26, wobei allerdings einzelne mit schon bekannten Krystallen in ihren Combinationen einige Uebereinstimmung zeigen. Dieser Beschreibung habe ich noch die von Haüy und Levy in den citirten Abhandlungen angeführten Individuen angereiht. Den Schlufs endlich bildet ein Anhang, welcher die interessanten optischen Verhältnisse und manches Andere enthält, das zur Vervollständigung der Monographie unerläfslich ist.

1) Hierher können noch die folgenden Gestalten eingeschaltet werden:
$(\breve{P}+\infty)^{\frac{9}{5}}(\alpha)$; $(\breve{P}+\infty)^{\frac{3}{2}}(\beta)$; $(\breve{P}+\infty)^{\frac{4}{3}}(l)$; $(\breve{P}+\infty)^{\frac{7}{6}}(\gamma)$; $(\bar{P}+\infty)^{\frac{6}{5}}(h)$; $(\bar{P}+\infty)^{\frac{3}{2}}(\delta)$; $(\bar{P}+\infty)^4(\varepsilon)$; $(\bar{P}+\infty)^9(\zeta)$; $(\bar{P}+\infty)^{16}(\eta)$;

Ich will daher nur noch anführen, dafs sich unter den Krystallen einer befindet, welcher an beiden Seiten vollkommen ausgebildet ist. Er ist schwach spargelgrün, nur theilweise vollkommen durchsichtig und dessen Gestalt besteht aus:

$$\underset{t}{P-\infty} \,.\, \underset{r}{+\frac{P}{2}} \,.\, \underset{i}{+\frac{(\breve{P})^4}{2}} \,.\, \underset{f}{-\frac{(\breve{P})^3}{2}} \,.\, \underset{n}{\breve{P}r} \,.\, \underset{o}{\breve{P}r+1} \,.\, \underset{s}{(\breve{P}+\infty)^2}$$

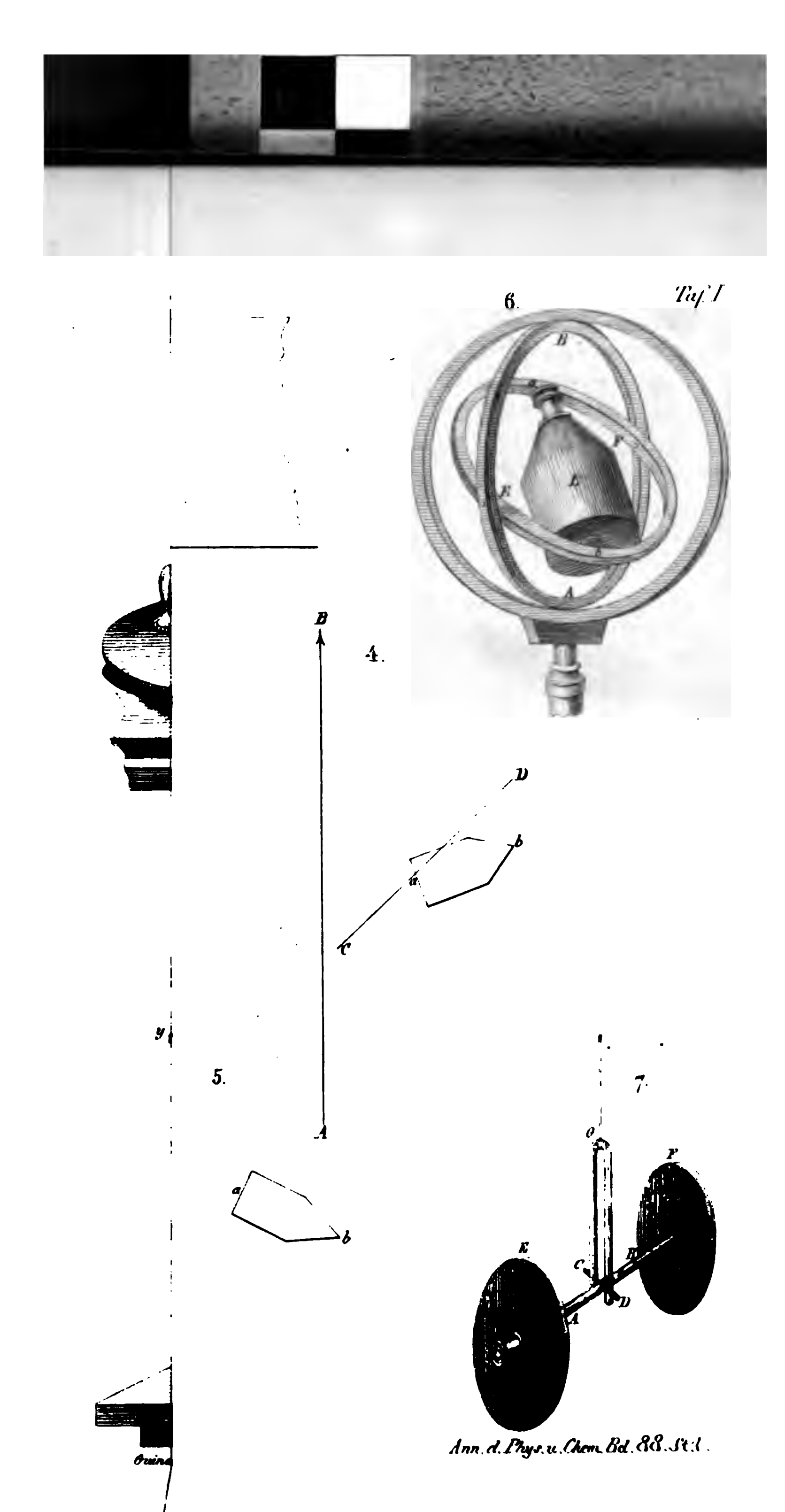
$$\underset{L}{(P+\infty)^3}.$$

Ausgezeichnet ausgebildet ist an diesem Krystalle die Fläche *t*; auch die Flächen der Prismen *n* und *o* sind vollkommen, so wie auch die des der Axe parallelen Prismas *L*; nur sind erstere theilweise parallel der Kante $\frac{o}{n}$ gestreift, letztere aber etwas weniges verbogen, so dafs sie bei der Messung ebenfalls mehrere Bilder liefern. Schön ausgebildet sind auch die Flächen *r*, klein hingegen die der Gestalten *f*, *i* und theilweise die von *s*. Die absoluten Dimensionen dieses Krystalles sind:

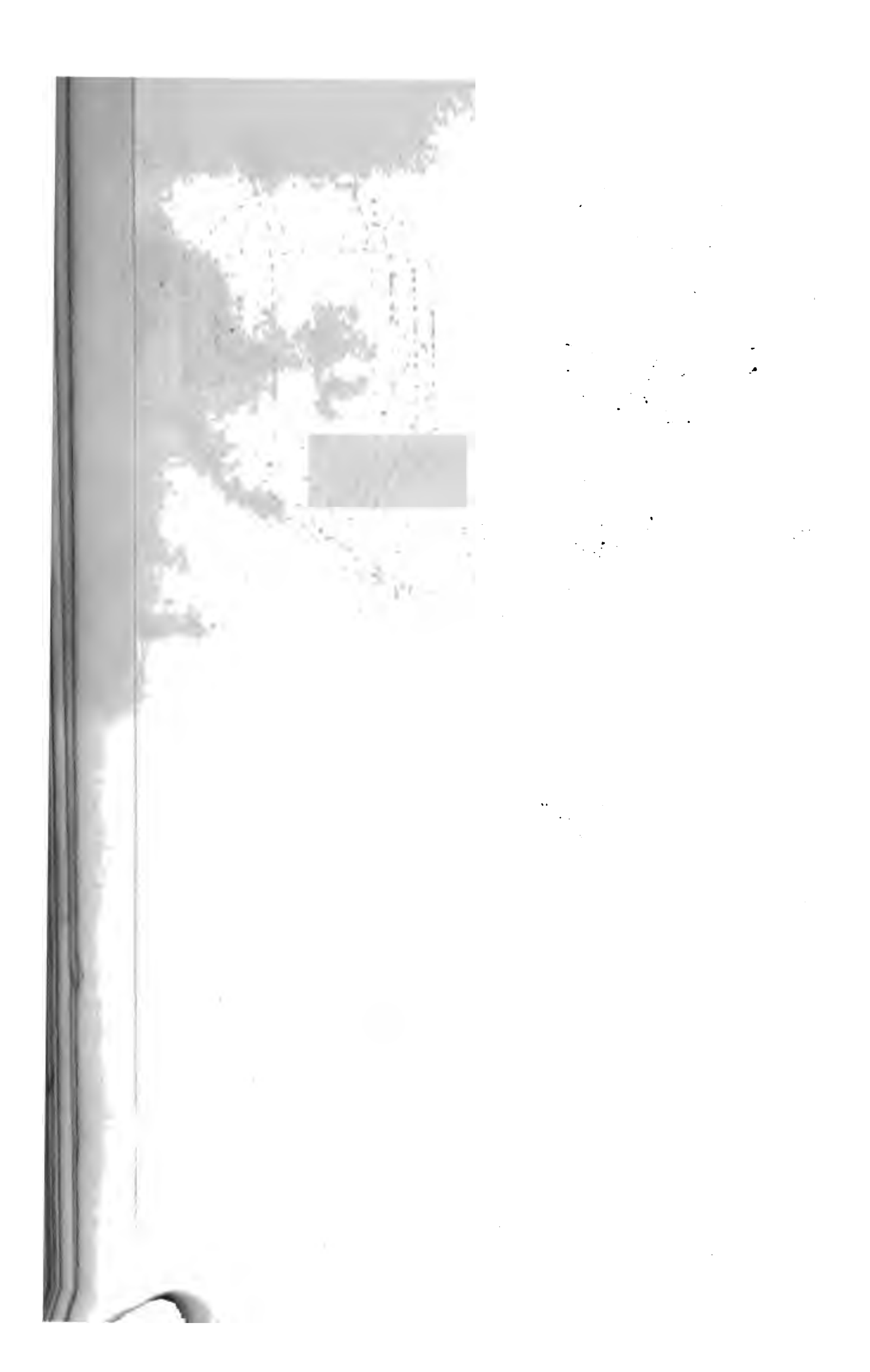
Ausdehnung in der Richtung der Hauptaxe . . . . . . 7,7^{mm}
» » » » längeren Diagonale 7,5^{mm}
» » » » kürzeren » 6,8^{mm}

Das Nähere, sowohl über die eigenen Messungen, als über die Zusammenstellung der diese Species betreffenden Arbeiten anderer Krystallographen ist in der Abhandlung selbst nachzusehen.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 88. St. 1.





Taf. II.

8.

11.

12.

9.

14.

$a : \infty b : \infty c$

$a : \frac{2}{3} b : c$

$a : b : \infty c$

$\frac{4}{3} a : \frac{4}{3} b : c$

$a : \frac{2}{3} b : \infty c$

$a : \infty b : \infty c$

$a : \infty b : c$

17.

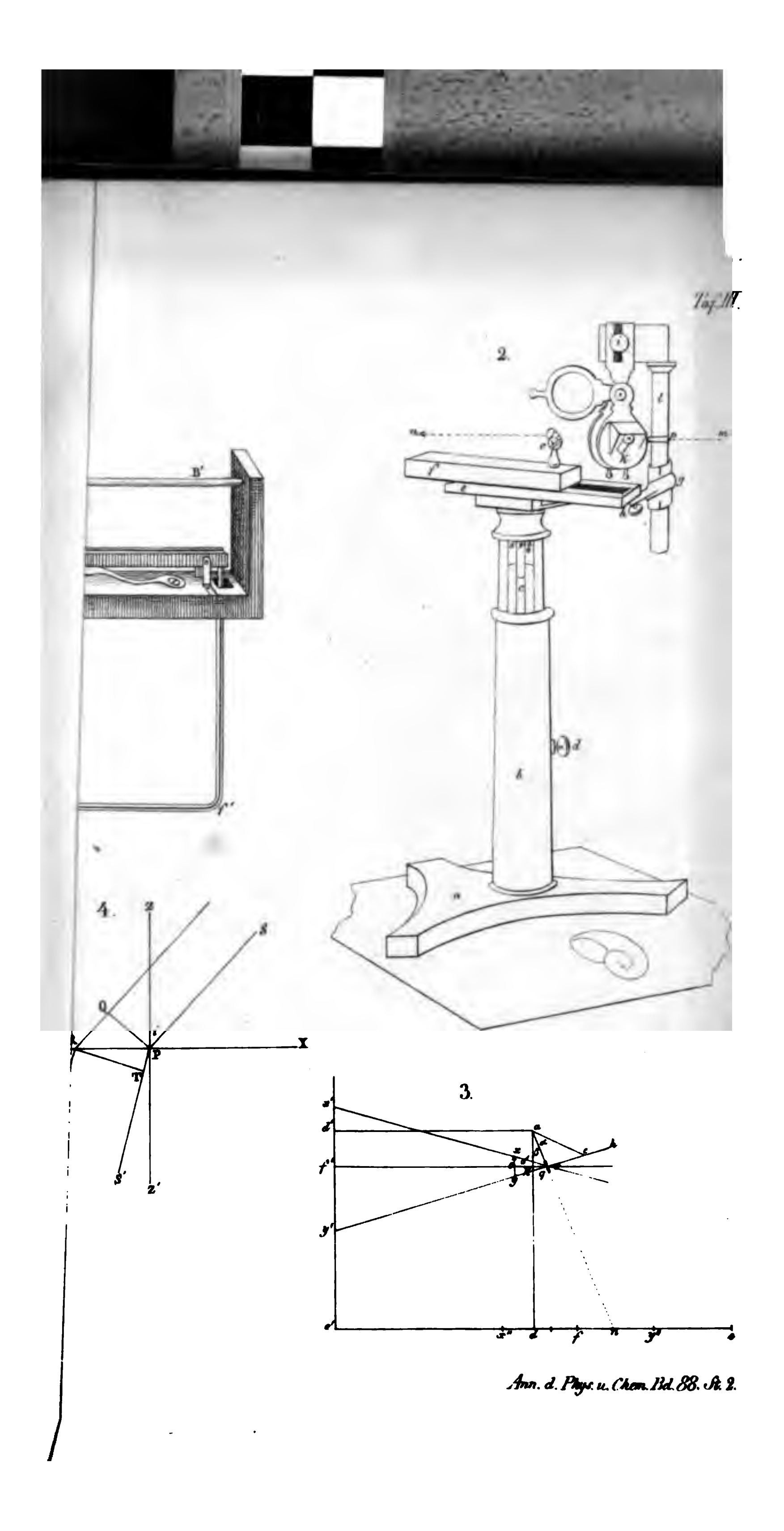
19.

20.

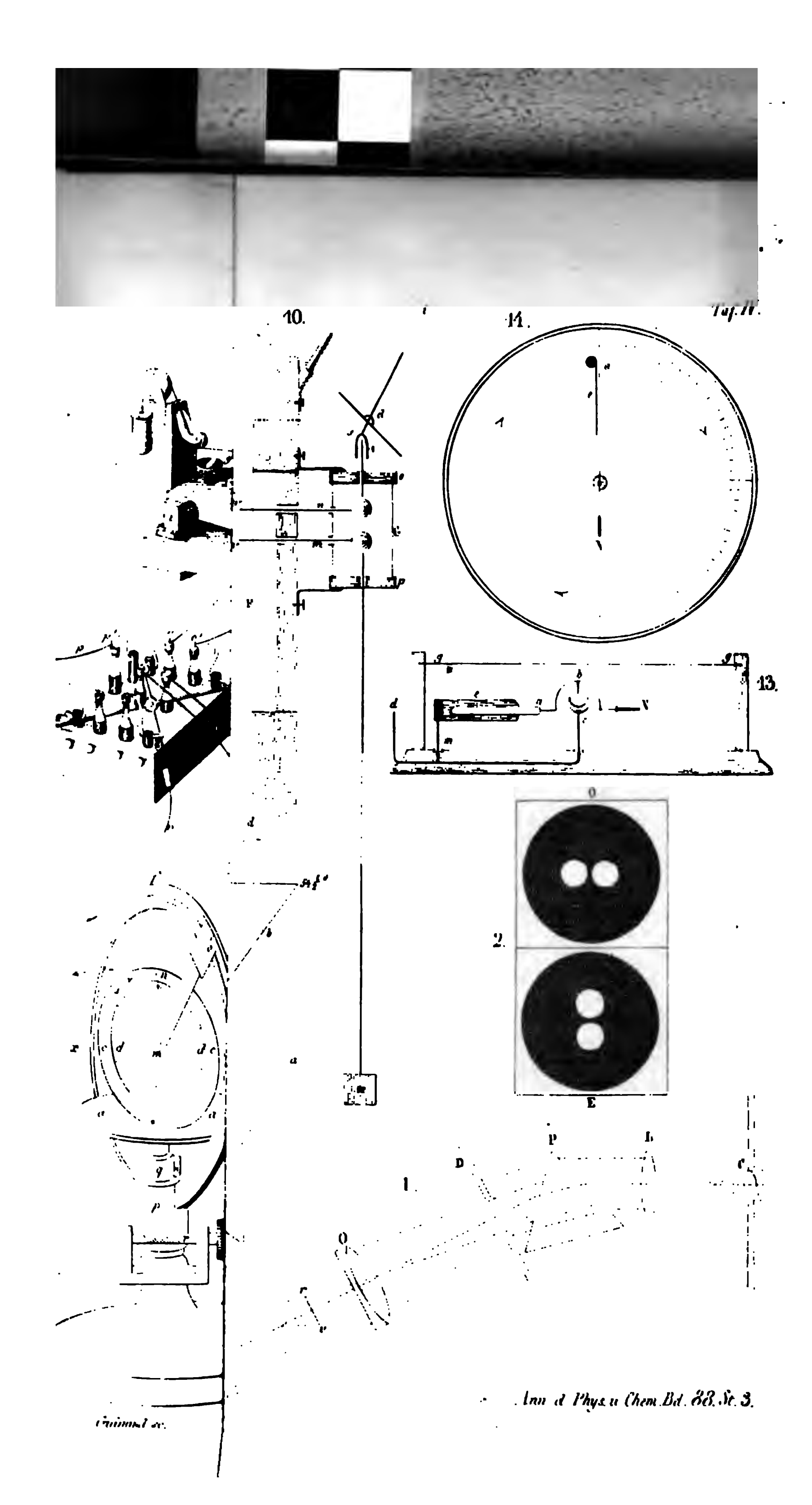
16.

15.

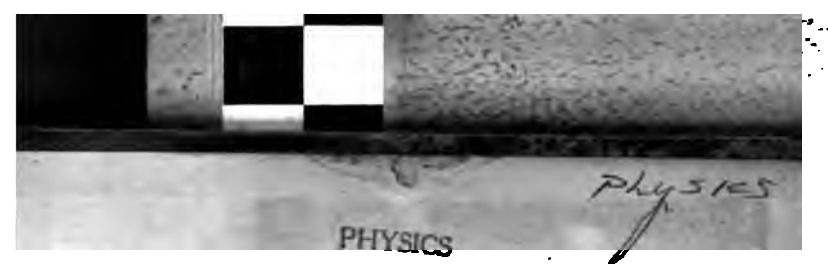



Taf. III.
2.
4.
3.
B'
Z
S
Q
X
P
T
S'
Z'
a
c
h
f'
x'
d'
y'
d
f
n
y''




Taf. IV.
10.
11.
13.
2.
1.
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 88. St. 3.




PHYSICS
Physics

